



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR
*BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES***

RACHEL ANGELINE RAHAYU
NRP 3115 105 002

Dosen Pembimbing I :
Budi Suswanto ,S.T.,M.T.,Ph.D.

Dosen Pembimbing II :
Ir. Isdarmanu, MSc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR
*BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES***

RACHEL ANGELINE RAHAYU
NRP 3115 105 002

Dosen Pembimbing I :
Budi Suswanto ,S.T.,M.T.,Ph.D.

Dosen Pembimbing II :
Ir. Isdarmanu, Msc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RC14-1501

**MODIFICATION OF STRUCTURAL BUILDING PLAN
GOLDEN TULIP ESSENSIAL BOJONEGORO HOTEL
USING *BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES***

RACHEL ANGELINE RAHAYU
NRP 3115 105 002

Supervisor I :
Budi Suswanto ,S.T.,M.T.,Ph.D.`

Supervisor II :
Ir. Isdarmanu, M.Sc

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL
BOJONEGORO DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *BUCKLING RESTRAINED BRACED
FRAMES***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RACHEL ANGELINE RAHAYU
NRP. 3115 105 002

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1) Budi Suswanto, ST, MT., Ph.D
NIP. 19730128 199802 1 002

2) Ir. Isdarmanu, MSc
NIP. 19570919 197603 1 001



**SURABAYA
JULI, 2017**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL
BOJONEGORO DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *BUCKLING RESTRAINED BRACED
FRAMES***

Nama Mahasiswa : Rachel Angeline Rahayu
NRP : 3115 105 002
Departemen : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
2. Ir. Isdarmanu, MSc

Abstrak

Gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro yang termasuk bangunan tidak beraturan merupakan gedung hotel 8 lantai dengan satu lantai basement, dan jarak antar kolom rata-rata 7 meter. Pada lantai 1 atau lantai *Ground Floor* terdapat ruang pertemuan yang membutuhkan ketinggian sebesar 7 meter sehingga ruang pada lantai 2 yang berada tepat diatas ruang pertemuan menjadi ruangan kosong (*void*). Pada Tugas Akhir ini gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro akan direncanakan ulang menjadi gedung hotel 10 lantai dengan satu lantai basement. Sistem struktur dengan material beton bertulang konvensional akan dimodifikasi menjadi sistem struktur dengan material baja. Material baja dipilih karena memiliki beberapa keuntungan dibanding material lain.

Sistem struktrur yang digunakan adalah Sistem Rangka Bresing Tahan Tekuk (*Buckling Restrained Braced Frame, BRBF*) yang merupakan pengembangan dari Sistem Rangka Bresing Konsentrik (*Concentrically Braced Frame, CBF*). Struktur BRBF merupakan inovasi untuk menyelesaikan masalah tekuk yang dialami bresing saat mengalami gaya tekan pada sistem CBF. Sistem struktur BRBF berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang bekerja pada suatu portal sehingga

dapat meminimalisir deformasi horizontal dan simpangan yang terjadi.

Tahapan desain mulai dari menghitung gaya dan beban-beban yang mempengaruhi struktur, menentukan desain sistem strukturnya, mengontrol stabilitas elemen-elemen struktur terhadap beban-beban yang bekerja, menentukan dinding basement dan pondasi yang dipakai pada sistem struktur yang mampu menahan beban-beban yang direncanakan, kemudian menuangkan dalam gambar teknis sebagai hasil akhir perencanaan.

Dari analisa dan hasil perhitungan gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro diperoleh hasil, yaitu: tebal pelat lantai 2–atap 9 cm, tebal pelat lantai GF 12 cm, tebal pelat lantai *basement* 25 cm, dimensi balok induk lantai 2–3 WF 700.300.13.24, lantai 4–7 WF 600.200.11.17, dan lantai 7–atap WF 500.200.10.16. Sedangkan dimensi kolom utama pada lantai 1–5 CFT HSS 600.600.16.16, lantai 2–3 CFT HSS 500.500.16.16, lantai 6–atap CFT HSS 500.500.16.16, dan dimensi bresing BRB HSS 250.20.16 dengan Steel Core 150.150.15. Pada lantai GF dimensi Balok Anak 35/50, Balok Balok Induk 45/65, Kolom KC-1 100/100, Kolom KC-2 80/80, Sloof 40/60, dan dinding *basement* memiliki ketebalan 25 cm. Sambungan struktur utama direncanakan dengan baut A325 ($f_u^b = 8250$ Mpa). Pondasi menggunakan *spun pile* berdiameter 50 cm dengan panjang terbenam 30 m.

Kata kunci: Modifikasi, Buckling Restrained Braced Frame, Deformasi, Basement.

MODIFICATION OF DESIGN STRUCTURE GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO USING BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES STRUCTURE

Student's Name : Rachel Angeline Rahayu
Student ID : 3115 105 002
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Superviosor : 1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
2. Ir. Isdarmanu, MSc

Abstract

The Golden Tulip Essential Hotel Bojonegoro Building which includes an irregular building is a hotel building with 8th floor and one basement floor, and spacing between columns are 7 meter. On the 1st floor or Ground Floor there is a meeting room that requires a free height of 7 meters so that the space on the 2nd floor which is right above the meeting room becomes empty room (void). In this final project the Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro will be redesign to be a hotel building with 10th floor and one basement floor. Structural system with conventional reinforced concrete material will be modified into structural system with steel material. Steel material is chosen because it shas many advantages than other materials.

The structural system used Buckling Restrained Braced Frame (BRBF) System which is the improvement of Concentrically Braced Frame (CBF) System. BRBF structure is an innovation to solve buckling problems when bracing loaded in compression on the CBF system. BRBF structure system serves as a lateral force holder working on a portal so can minimize the horizontal deformation and deviations that happen.

The design stage starts from calculating forces and loads affecting the structure, determining the design of the structure system, controlling the stability of the structural elements from the working loads, determining the basement wall and foundation that

able to hold the planned loads in the structural system, then presents it in the technical drawings as the final result of the plan.

From the analysis and calculation result of Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro Building the results obtained : the 2nd floor until roof floor slab used thickness of 9 cm, the ground floor slab used thickness of 12 cm, the basement floor slab used thickness of 25 cm, the dimensions of 2nd floor until 3rd floor beam are WF 700.300.13.24 , the dimensions of 4th floor until 7th floor beam are WF 600.200.11.17, and the dimensions of 7th floor until roof floor beam are WF 500.200.10.16. While the dimensions of main column on the 1st floor until 5st floor are CSS HSS 600.600.16.16, the dimensions of main column on the 2nd floor until 3rd floor are CFT HSS 500.500.16.16, dimensions of main column on the 6th floor until roof floor are CSS HSS 500.500.16.16., and the dimensions of the BRB bracing is HSS 250.150.16 with Steel Core 150.150.15. On the dimensions of ground floor (GF) second beam with size of 35/50, main beam with size of 45/65, column KC-1 with size of s 100/100, column with size of KC-2 80/80, tie beam with size of 40/60, and the basement wall used thickness of 25 cm. The main structure is planned as a rigid connection with bolt of A325 (f_u , bolt = 8250 Mpa). Foundation design used spun piles with diameter of 50 cm and length of 30 m.

Keywords: Modification, Buckling Restrained Braced Frame, Deformation, Basement.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan kasih, rahmat, dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Golden Tulip Essensial Hotel Hotel Bojonegoro Dengan Menggunakan Sistem Struktur *Buckling Restrained Braced Frames***”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai persyaratan kelulusan pada Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis tidak berjalan sendirian. Banyak pihak yang telah membantu proses pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai. Maka dari itu dengan rasa hormat dan kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, saudara – saudara, dan keluarga yang saya kasihi yang selalu memberikan dukungan dan semangat sampai selesainya tugas akhir ini.
2. Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D, dan bapak Ir.Isdarmanu., MSc selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu sabar dan tulus dalam memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Teman – teman LJ seangkatan 2015 maupun senior – senior saya yang telah memberikan dukungan, arahan, dan semangat dalam pengerjaan Tugas akhir ini.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan. Seluruh Staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran dari pembaca demi kebaikan untuk kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi para pembaca. Amin.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan	4
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 7
2.1. Umum	7
2.2. <i>Buckling Restrained Braces Frames (BRBF)</i>	8
2.2.1. Perhitungan Kekuatan <i>Buckling Restrained</i> <i>Braces System</i>	15
2.2.2. Perhitungan <i>Adjusted Braced Strength</i>	16
2.3. Analisis Gaya Gempa	19
2.4. <i>Steel Floor Deck</i>	18
2.5. Sambungan	18
2.5.1. Tipe Sambungan	19
2.5.2. Klasifikasi Sambungan Berdasar Ratio Tahan Momen	19
2.6. Struktur Bawah	23
2.6.1. <i>Basement</i>	24
2.6.2. Pondasi	29
 BAB III METODOLOGI	 33
3.1. Umum	33

3.2. Diagram Alur Perencanaan	33
3.3. Pengumpulan Data	35
3.4. Studi Literatur	35
3.5. <i>Preliminary Design</i>	36
3.6. Pembebanan	37
3.6.1. Beban Gravitasi	37
3.6.2. Beban Angin.....	38
3.6.3. Beban Gempa	38
3.6.4. Kombinasi Pembebanan	38
3.7. Permodelan Dengan Program Bantu SAP 2000v14	38
3.8. Analisa Struktur Dengan Program Bantu SAP 2000v14	38
3.9. Kontrol <i>Design</i>	39
3.10. Perencanaan Sambungan	39
3.8.1. Sambungan Baut	39
3.8.2. Sambungan Las	39
3.11. Perencanaan Dinding <i>Basement</i>	39
3.12. Perencanaan Pondasi.....	40
3.12.1. Perumusan Efisiensi Grup Tiang Pancang	41
3.12.2. Perencanaan Poer	42
3.13. Gambar Hasil Perencanaan	45
 BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER	47
4.1. Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung.....	47
4.1.1. Pelat Lantai Atap	47
4.1.2. Pelat Lantai 2 – Lantai 10.....	49
4.1.3. Pelat Lantai <i>Ground Floor</i>	51
4.2. Perencanaan Balok Anak	64
4.2.1. Balok Anak Lantai Atap	64
4.2.2. Balok Anak Lantai 2 – Lantai 10.....	69
4.2.3. Balok Anak Lantai <i>Ground Floor</i>	69
4.3. Perencanaan Balok <i>Lift</i>	86
4.3.1. Balok Penumpu <i>Lift</i>	88
4.4. Perencanaan Tangga	96
4.4.1. Tangga Lantai GF – Lantai <i>Skyloft</i>	96

4.4.2. Anak Tangga.....	97
4.4.3. Pelat Bordes Tangga.....	104
4.4.4. Balok Utama Tangga	111
4.4.5. Balok Penumpu Tangga.....	121
4.4.6. Tangga Lantai Basemnet – Lantai GF	128
BAB V PERMODELAN STRUKTUR.....	145
5.1. Permodelan Struktur	145
5.2. Sistem <i>Buckling Restrained Braces Frames</i>	145
5.3. Pembebanan Struktur Utama	146
5.3.1. Berat Total Bangunan	149
5.3.2. Kombinasi Pembebanan	149
5.4. Pembebanan Gempa Dinamis	150
5.4.1. Klasifikasi Tanah	151
5.4.2. Lantai Tingkat sebagai Diafragma.....	152
5.4.3. Arah Pembebanan.....	153
5.4.4. Parameter Respon Spektrum Rencana	153
5.4.5. Faktor Reduksi Gempa (R).....	155
5.4.6. Faktor Keutamaan (I).....	155
5.5. Kontrol Desain.....	155
5.5.1. Kontrol Berat Bangunan Hasil Manual dengan SAP2000	156
5.5.2. Kontrol Partisipasi Massa	156
5.5.3. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental.....	158
5.5.4. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum	160
5.5.5. Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (<i>Drift</i>)	162
5.5.6. Kontrol Pengaruh P-Delta.....	165
5.5.7. Kontrol Tipe Ketidakberaturan Torsi.....	170
BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR PTIMER.....	173
6.1. Perencanaan Elemen Struktur Primer	173
6.1.1. Balok Induk	173
6.1.1.1. Balok Induk Memanjang	173
6.1.1.2. Balok Induk Melintang.....	175
6.1.2. Kolom	179

6.1.2.1. Kolom Lantai 1-5.....	179
6.1.3. Bracing Sistem BRBF.....	185
6.1.3.1. Kontrol Bracing BRBF.....	186
6.2. Perencanaan Sambungan	190
6.2.1. Sambungan Pengaku dengan Kolom pada BRBF.....	190
6.2.2. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk	193
6.2.3. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	196
6.2.4. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	199
6.2.5. Sambungan Balok Induk dengan Kolom	202
6.2.6. Sambungan Kolom dengan Kolom.....	207
6.2.7. Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i>	210
 BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH	217
7.1. Struktur Bawah	217
7.2. Perencanaan Elemen Struktur Bawah.....	217
72.1. Balok Induk BIC-1	217
72.2. Kolom KC-1	245
72.3. Perencanaan Dinding Basement	262
72.4. Perencanaan Plat Lantai Basement.....	267
72.5. Perencanaan Sloof Pondasi	273
7.3. Pondasi.....	278
7.4. Data Tanah.....	278
7.5. Kriteria Desain.....	279
7.6. Daya Dukung Tanah	279
7.6.1. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal	279
7.6.2. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok ...	281
7.6.3. Repartisi Beban – Beban Diatas Tiang Kelompok	282
7.7. Perhitungan Pondasi Kolom Tipe PC-2.....	283
7.7.1. Daya Dukung Satu Tiang Pancang	283
7.7.2. Perhitungan Repartisi Beban Diatas Tiang Kelompok	284

7.7.3. Kontrol Terhadap Gaya Lateral	285
7.7.4. Perencanaan Poer Pada Kolom	286
7.7.5. Kontrol Geser Pons	287
7.7.6. Penulangan Poer	290
 BAB VIII PENUTUP	 295
 DAFTAR PUSTAKA	 299
LAMPIRAN	301
BIODATA PENULIS	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perilaku pada CBF dengan BRBF	9
Gambar 2.2	Pengujian pada CBF dengan BRBF	10
Gambar 2.3	Konsep <i>Buckling Restrained Frames</i>	11
Gambar 2.4	Komponen <i>Buckling Restrained Frames</i>	11
Gambar 2.5	Gap antara mortar dan elemen tahan leleh.....	12
Gambar 2.6	Berbagai macam bentuk penampang <i>Buckling Restrained Frames</i>	14
Gambar 2.7	Penampang <i>Steel Floor Deck</i>	18
Gambar 2.8	Jenis – jenis Sambungan <i>Simple Connection</i>	21
Gambar 2.9	Jenis – jenis Sambungan <i>Semi – Rigid Connection</i>	21
Gambar 2.10	Jenis – jenis Sambungan <i>Rigid Connection</i>	22
Gambar 2.11	Tekanan tanah aktif dan tanah kohesif pada Dinding.....	26
Gambar 2.12	Tekanan tanah pasif dan tanah kohesif pada Dinding.....	26
Gambar 2.13	Tekanan tanah aktif dan pasif tanah kohesif pada Dinding.....	28
Gambar 2.14	Jenis Pondai Dangkal.....	31
Gambar 2.15	Jenis Pondai Dalam	31
Gambar 3.1	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	34
Gambar 3.2	Kontrol Geser Pons Akibat Beban Kolom.....	43
Gambar 3.3	Kontrol Geser Pons Akibat Beban Tiang Pancang.....	43
Gambar 4.1.	Pelat Lantai Atap	47
Gambar 4.2.	Penulangan Pelat Atap.....	48
Gambar 4.3.	Pelat Lantai 2 – Lantai 10.....	49
Gambar 4.4.	Penulangan Lantai 2 – Lantai 10	50
Gambar 4.5.	Tinjauan Plat Lantai GF	51
Gambar 4.6.	Balok Induk Melintang (Kiri).....	52
Gambar 4.7.	Balok Induk Memanjang (Bawah).....	53

Gambar 4.8.	Balok Anak Melintang (Kanan).....	54
Gambar 4.9.	Balok Anak Memanjang (Atas).....	55
Gambar 4.10.	Pelat Lantai GF.....	58
Gambar 4.11.	Detail Ketebalan Plat.....	58
Gambar 4.12.	Denah Balok Anak Lantai Atap.....	64
Gambar 4.13.	Denah Balok Anak Lantai 2 – Lantai 10	69
Gambar 4.14.	Denah Lantai GF	74
Gambar 4.15.	Denah Balok Anak Lantai GF	75
Gambar 4.16.	Permodelan balok anak lantai GF.....	77
Gambar 4.17.	Permodelan balok anak lantai GF yang ditinjau	78
Gambar 4.18.	Penampang Balok Anak Lantai GF	77
Gambar 4.19.	Denah <i>Lift</i>	86
Gambar 4.20.	Potongan Melintang <i>Lift</i>	87
Gambar 4.21.	Tabel Spesifikasi <i>Lift</i>	88
Gambar 4.22.	Model Pembebanan Balok Penumpu <i>Lift</i>	89
Gambar 4.23.	Posisi M_A , M_B , M_C	92
Gambar 4.24.	Denah Tangga Lantai GF – Lantai <i>Skyloft</i>	97
Gambar 4.25.	Pelat Anak Tangga.....	97
Gambar 4.26.	Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga	99
Gambar 4.27.	Penampang Pengaku Anak Tangga	101
Gambar 4.28.	Denah Bordes Tangga	104
Gambar 4.29.	Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga Lantai GF – Lantai <i>Skyloft</i>	113
Gambar 4.30.	Bidang M Balok Tangga Lantai GF – Lantai <i>Skyloft</i>	115
Gambar 4.31.	Bidang D Balok Tangga Lantai GF – Lantai <i>Skyloft</i>	116
Gambar 4.32.	Bidang N Balok Tangga Lantai GF – Lantai <i>Skyloft</i>	117
Gambar 4.33.	Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga	120
Gambar 4.34.	Pembebanan Balok Penumpu Tangga	122
Gambar 4.35.	Posisi M_A , M_B , M_C	124
Gambar 4.36.	Analisa Lendutan Balok Penumpu Tangga	120

Gambar 4.37.	Denah Tangga Lantai Basement– Lantai GF...	129
Gambar 4.38.	Tampak Samping Tangga	129
Gambar 4.39.	Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga Lantai Basement– Lantai GF	131
Gambar 4.40.	Bidang M Balok Tangga Lantai Basement – Lantai GF	132
Gambar 4.41.	Bidang D Balok Tangga Lantai Basement – Lantai GF	134
Gambar 4.42.	Bidang N Balok Tangga Lantai Basement – Lantai GF	134
Gambar 4.43.	Geometrik Konsol Pendek	134
Gambar 5.1.	Denah Struktur Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro	145
Gambar 5.2.	Pembesaran torsi tak terduga (A_x)	170
Gambar 6.1.	Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS $600 \times 600 \times 16 \times 16$	179
Gambar 6.2.	Penampang BRB	185
Gambar 6.3.	Sambungan Bresing dengan Kolom	190
Gambar 6.4.	Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk	194
Gambar 6.5.	Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga	198
Gambar 6.6.	Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	201
Gambar 6.7.	Sambungan Induk dengan Kolom	202
Gambar 6.8.	Sambungan Kolom dengan Kolom	208
Gambar 6.9.	Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i>	210
Gambar 6.10.	Detail Potongan A Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i>	211
Gambar 6.11.	Arah Beban Sumbu X pada <i>Base Plate</i>	213
Gambar 7.1.	Tinggi Efektif Balok Induk	218
Gambar 7.2.	Lokasi Balok Induk yang Ditinjau	219

Gambar 7.3.	Zona Batas Regangan dan Variasi Faktor Reduksi Kekuatan ϕ dengan regangan tarik Netto ϵ_t	224
Gambar 7.4.	Penampang Balok T	235
Gambar 7.5.	Reaksi Ketika Struktur Bergoyang ke Kiri	236
Gambar 7.6.	Reaksi Ketika Struktur Bergoyang ke Kanan.....	237
Gambar 7.7.	Grafik Lendutan yang Terjadi pada Balok	240
Gambar 7.8.	Penampang Balok Induk Tipe BI.C-1 Lantai GF.....	244
Gambar 7.9.	Denah Lokasi yang Ditinjau	246
Gambar 7.10.	Diagram Interaksi Kolom (Arah X).....	247
Gambar 7.11.	Diagram Interaksi Kolom (Arah Y).....	247
Gambar 7.12.	Output Diagram Interaksi Kolom (Arah X).....	248
Gambar 7.13.	Detail Penulangan Balok BI.C-1 (As 2/C-D dan As 2/D-E)	249
Gambar 7.14.	Output Diagram Interaksi Kolom (Arah Y).....	251
Gambar 7.15.	Detail Penulangan Balok BI.C-1 (As D/1-2)...	251
Gambar 7.16.	Detail Penulangan Balok BI.C-1 (As D/2-3)...	252
Gambar 7.17.	Gaya Geser Desain Untuk Kolom dan Balok ..	256
Gambar 7.18.	Nilai Mpr Kolom KC-1	257
Gambar 7.19.	Penulangan Kolom Tipe KC-1	261
Gambar 7.20.	Diagram tegangan yang terjadi pada dinding <i>Basement</i>	262
Gambar 7.21.	Detail Ketebalan Plat Lantai <i>Basement</i>	267
Gambar 7.22.	Penulangan Sloof Daerah Tumpuan dan Lapangan	277
Gambar 7.23.	Pondasi Tiang Pancang Kolom KC-1	283
Gambar 7.24.	Geser Pons Akibat Kolom	287
Gambar 7.25.	Geser Pons Akibat Tiang Pancang	289
Gambar 7.26.	Analisis Poer sebagai Balok Kantilever	290

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	Resume Hasil Perhitungan Pelat Lantai 2 - Atap	50
Tabel 4.2.	Resume Ketebalan Plat Lantai GF	57
Tabel 4.3.	Resume Hasil Perhitungan Balok Anak Lantai 2 - Atap	73
Tabel 4.4.	Resume <i>Preliminary</i> Desain Balok Anak.....	75
Tabel 5.1.	Hasil Data Tanah Berdasarkan N-SPT	152
Tabel 5.2.	Parameter Respon Gempa Wilayah Bojonegoro Untuk Kelas Situs E (Tanah Lunak).....	154
Tabel 5.3.	Rasio Partisipasi Massa Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro	157
Tabel 5.4.	Perioda dan Frekuensi Struktur Hasil SAP2000.....	159
Tabel 5.5.	Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	161
Tabel 5.6.	Faktor Skala Gempa Dinamik	161
Tabel 5.7.	Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala	162
Tabel 5.8.	Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X	164
Tabel 5.9.	Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y	164
Tabel 5.10.	Gaya Gempa Arah X Tiap Lantai.....	167
Tabel 5.11.	Gaya Gempa Arah Y Tiap Lantai.....	167
Tabel 5.12.	Perhitungan Koefisien Stabilitas (ϕ) Arah X	169
Tabel 5.13.	Perhitungan Koefisien Stabilitas (ϕ) Arah Y	169
Tabel 5.14.	Perhitungan Tipe Ketidakberaturan Torsi Arah X.....	171
Tabel 5.15.	Perhitungan Tipe Ketidakberaturan Torsi Arah Y.....	171
Tabel 6.1.	Resume Hasil Perhitungan Balok Induk Lantai 2 – Atap.....	178
Tabel 6.2.	Resume Hasil Perhitungan Kolom Lantai 1 - Atap	185
Tabel 7.1.	Resume hasil Perhitungan Balok Induk Lantai GF . .	244
Tabel 7.2.	Output Gaya Dalam Kolom As D/2	246
Tabel 7.3.	Resume hasil Perhitungan Kolom Lantai GF	262
Tabel 7.4.	Hubungan antara Parameter Tanah	263

Tabel 7.5.	Rekapitulasi Perhitungan σ_a	264
Tabel 7.6.	Hasil Analisa SAP 2000 untuk Kolom KC-1	284

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia terletak diantara batas empat lempeng tektonik bumi, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Hindia, lempeng Australia, dan lempeng Pasifik, sehingga merupakan wilayah yang sangat rentan terhadap bencana gempa. Oleh karena itu perencanaan suatu struktur bangunan tahan gempa merupakan suatu kebutuhan yang tak dapat dihindari. Dalam memilih elemen – elemen struktur ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain : kekuatan, daktilitas, ekonomis, dan tahan lama. Daktilitas adalah kemampuan struktur atau komponennya untuk melakukan deformasi inelastis bolak – balik berulang di luar batas titik leleh pertama, sambil mempertahankan sejumlah besar kemampuan daya dukung bebannya (SNI 03-1729-2002). Selain itu juga harus memperhatikan faktor pelaksanaan, semakin mudah pelaksanaan akan mempercepat waktu konstruksi sehingga berpengaruh terhadap biaya pembangunan secara keseluruhan.

Gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro yang termasuk bangunan tidak beraturan merupakan gedung hotel 8 lantai dengan satu lantai basement dan jarak antar kolom rata-rata 7 meter. Pada lantai 1 atau lantai *Ground Floor* terdapat ruang pertemuan yang membutuhkan ketinggian sebesar 7 meter, sehingga ruang pada lantai 2 yang berada tepat diatas ruang pertemuan menjadi ruangan kosong (*void*). Maka dari itu diperlukan perencanaan struktur bangunan tahan gempa yang dapat menahan beban gempa bumi kuat (*high*) tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan atau mencapai pelelehan. Hal lain yang juga harus diperhatikan adalah sistem struktur, material yang akan digunakan, serta sistem sambungan dari setiap elemen strukturnya.

Pada Tugas Akhir ini gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro akan direncanakan ulang menjadi gedung hotel 10

lantai dengan satu lantai basement. Sistem struktur dengan material beton bertulang konvensional akan dimodifikasi menjadi sistem struktur dengan material baja. Material baja dipilih karena memiliki beberapa keuntungan dibanding material lain, antara lain :

1. Rasio antara kekuatan dari baja per satuan berat yang tinggi mempunyai konsekuensi bahwa elemen struktur lebih kecil. (Andrianie, 2003).
2. Baja dapat dipabrikasi diluar lokasi konstruksi dan proses pelaksanaannya relatif mudah sehingga mempercepat waktu konstruksi dan mempengaruhi biaya pembangunan secara keseluruhan.
3. Sifat baja tidak berubah banyak terhadap waktu, tidak seperti halnya pada struktur beton bertulang.
4. Baja memiliki sifat daktilitas yang tinggi dan tidak mudah patah (Suari, 2012).
5. Material baja lebih ringan dan kuat dalam menahan gaya tekan maupun gaya tarik dibandingkan material beton.

Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Bresing Tahan Tekuk (*Buckling Restrained Braced Frame, BRBF*) yang merupakan pengembangan dari Sistem Rangka Bresing Konsentrik (*Concentrically Braced Frame, CBF*). Struktur BRBF merupakan inovasi untuk menyelesaikan masalah tekuk yang dialami bresing yang mengalami gaya tekan pada sistem CBF, karena apabila terjadi tekuk, elemen struktur tidak dapat bekerja kembali seperti yang diharapkan dan daktilitas pada material baja tidak dapat dimanfaatkan secara optimal (Andarini dan Moestopo, 2013). Sistem struktur BRBF berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang bekerja pada suatu portal sehingga dapat meminimalisir deformasi horizontal dan simpangan yang terjadi (Badrauddin, Suswanto, dan Soegihardjo, 2013).

Salah satu kelebihan dari Sistem BRBF dibandingkan dengan pengaku lainnya adalah kuat menahan gaya tekan maupun

tarik. Sistem BRBF menghasilkan perilaku histerik yang daktail, stabil dan berulang – ulang. Kapasitas deformasi plastis yang dihasilkan memenuhi persyaratan baik dalam hal deformasi ultimit maupun regangan plastis kumulatif, yang merupakan nilai tambah bagi sistem BRBF (Apriani, 2012). Sistem ini telah banyak diaplikasikan di Amerika Serikat dan Jepang. Sistem rangka pengaku BRBF menggunakan tipe *Inverted-V braced*, hal ini dipilih karena memiliki geometri yang simetris sehingga terhindar dari masalah *full moment connection* pada kolom.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat ditarik beberapa rumusan masalah perencanaan adalah sebagai berikut:

a. Permasalahan Utama

Bagaimana merencanakan struktur atas gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro dengan menggunakan sistem struktur *Buckling Restrained Braced Frame (BRBF)* dengan konfigurasi rangka *Inverted-V braced* dan struktur bawah sesuai dengan peraturan yang berlaku.

b. Detail Permasalahan

1. Bagaimana merencanakan *Preliminary design* penampang elemen struktur gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi struktur atap, pelat lantai, balok anak, dan tangga?
3. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan program bantu SAP 2000v14?
4. Bagaimana menganalisa gaya-gaya yang bekerja dan diperhitungkan pada perencanaan struktur baja sistem *Buckling Restrained Braced Frame* dengan konfigurasi rangka *Inverted-V braced* ?

5. Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi, Sistem Rangka Bresing Tahan Tekuk (*Buckling Restrained Braced Frame*) dengan konfigurasi rangka *Inverted-V braced*, balok, dan kolom baja?
6. Bagaimana menghitung dan mengontrol stabilitas elemen-elemen struktur baja sistem *Buckling Restrained Braced Frame* dengan konfigurasi rangka *Inverted-V braced*?
7. Bagaimana merencanakan struktur bawah yang meliputi lantai basement dan pondasi?
8. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan struktur dalam gambar teknik?

1.3. Tujuan

Dari rumusan masalah diatas, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Tujuan Utama
Menghasilkan perencanaan struktur atas gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro dengan menggunakan sistem struktur *Buckling Restrained Braced Frame (BRBF)* dengan konfigurasi rangka *Inverted-V braced* dan struktur bawah sesuai dengan peraturan yang berlaku.
- b. Detail Tujuan
 1. Merencanakan *Preliminary design* penampang elemen struktur gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro.
 2. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi struktur atap, pelat lantai, balok anak, dan tangga.
 3. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan program bantu SAP 2000v14.
 4. Menganalisa gaya-gaya yang bekerja dan diperhitungkan pada perencanaan struktur baja

sistem *Buckling Restrained Braced Frame* dengan konfigurasi rangka *Inverted-V braced*.

5. Merencanakan struktur utama yang meliputi, Sistem Rangka Bresing Tahan Tekuk (*Buckling Restrained Braced Frame*) dengan konfigurasi rangka *Inverted-V braced*, balok, dan kolom baja.
6. Mendapatkan hasil perhitungan dan kontrol stabilitas elemen-elemen struktur baja sistem *Buckling Restrained Braced Frame* dengan konfigurasi rangka *Inverted-V braced*.
7. Merencanakan struktur bawah yang meliputi lantai basement dan pondasi.
8. Menghasilkan gambar teknik yang sesuai dengan hasil perencanaan struktur.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada proyek akhir ini adalah:

1. Perencanaan gedung ini hanya meninjau strukturnya saja, tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi, sistem utilitas bangunan, maupun segi arsitektural.
2. Program bantu yang digunakan adalah SAP2000 V.14
3. Konfigurasi BRBF yang dipakai pada portal adalah konfigurasi *Inverted-V braced*.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah:

1. Sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan konstruksi baja yang menerapkan sistem rangka bresing tahan tekuk (BRBF).
2. Sebagai pembelajaran bagi perencanaan konstruksi rangka bresing tahan tekuk (BRBF) berikutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Struktur baja merupakan salah satu sistem struktur tahan gempa dengan kinerja yang sangat bagus, karena material baja mempunyai karakteristik yang unik dibandingkan dengan material lain, dengan mengandalkan pada sifat daktilitas dan kekuatan yang tinggi. Dari hasil riset yang pernah dilakukan telah didapatkan tiga sistem struktur baja tahan gempa yang umum digunakan yaitu :

1. Rangka penahan momen (MRF),
2. Rangka berpengaku konsentrik (CBF),
3. Rangka berpengaku eksentrik (EBF) (Bruneau, 1985).

Rangka baja penahan momen (MRF) mempunyai kemampuan disipasi energi yang cukup untuk dapat memberikan daktilitas yang diperlukan, tetapi struktur ini kurang kaku sehingga memerlukan ukuran penampang yang lebih besar dan panel zone pelat ganda yang mahal untuk memenuhi persyaratan drift. Pada sisi lain sistem rangka berpengaku konsentrik (CBF) secara efisien dapat memenuhi batas-batas lendutan melalui aksi rangkapnya tetapi tidak memberikan suatu mekanisme yang stabil dalam disipasi energi (Paulino, 2010).

Sistem struktur berpengaku eksentrik (EBF) merupakan pengembangan dari dua sistem struktur penahan gaya lateral yang ada sebelumnya yaitu MRF dan CBF. Sistem ini dikembangkan untuk menyempurnakan sistem MRF dan CBF, dimana sistem MRF memiliki nilai daktilitas dan kapasitas disipasi energi yang besar dan stabil namun memiliki kekakuan yang lebih rendah disisi lain CBF memiliki kekakuan yang lebih besar namun mempunyai kapasitas disipasi energi yang lebih rendah.

Sistem EBF dapat menggabungkan masing-masing keuntungan dari kedua system struktur tersebut, serta

memperkecil kelemahan yang dimilikinya. Secara spesifik EBF mempunyai beberapa karakteristik antara lain :

1. Mempunyai kekakuan elastik yang tinggi.
2. Mempunyai respon inelastik yang stabil dibawah pembebanan lateral siklik.
3. Mempunyai kemampuan yang sangat baik dalam hal daktilitas dan disipasi energi.

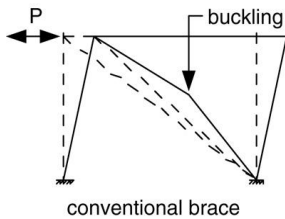
2.2. *Buckling Restrained Braces Frames (BRBF)*

Dalam struktur bangunan baja sering digunakan pengaku (bracing) untuk mengatasi gaya lateral yang terjadi. Kelemahan dari pengaku – pengaku baja pada umumnya adalah kuat menahan gaya tarik namun tidak kuat dalam menahan gaya tekan. Sistem struktur *Buckling restrained braces frames* (BRBF) adalah salah satu pengaku yang memiliki beberapa kelebihan dibanding pengaku – pengaku lainnya, kelebihan yang paling utama ialah BRBF mempunyai kemampuan menahan tekan maupun tarik yang sama. BRBF merupakan sistem kombinasi dari kekakuan yang tinggi (*high stiffness*) dan daktilitas yang tinggi (*high ductility*) sehingga mengakibatkan kemampuan BRBF untuk menahan tekan dan tarik hampir sama (Badrauddin, Suswanto, dan Soegihardjo, 2013). Sistem struktur *Buckling restrained braces frames* (BRBF) merupakan pengembangan dari sistem rangka pengaku konsentrik (CBF).

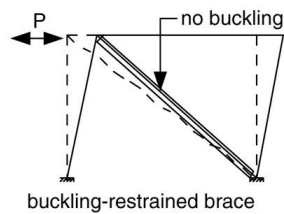
Masalah tekuk menjadi perhatian dalam desain struktur. Tekuk menyebabkan hilangnya kekuatan tekan sehingga pengecekan kapasitas tekan dari suatu elemen struktur menjadi satu hal yang paling diperhatikan. Masalah tekuk pada bresing dapat diselesaikan apabila bresing memiliki ketahanan terhadap gaya tekan yang diterima. Khususnya pada struktur yang memikul beban gempa bolak balik. Hal ini diakomodasi dengan kehadiran *buckling restrained braces*.

Struktur *Buckling restrained braces* (BRB) merupakan pengembangan dari sistem rangka pengaku konsentrik (CBF) yaitu bresing yang didesain memiliki kapasitas tekan yang sama dengan kapasitas tariknya. Masalah tekuk menjadi perhatian

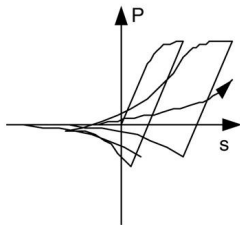
dalam desain struktur. Tekuk menyebabkan hilangnya kekuatan tekan sehingga pengecekan kapasitas tekan dari suatu elemen struktur menjadi satu hal yang paling diperhatikan. Masalah tekuk pada bresing dapat diselesaikan apabila bresing memiliki ketahanan terhadap gaya tekan yang diterima. Khususnya pada struktur yang memikul beban gempa bolak balik. Hal ini diakomodasi dengan kehadiran *buckling restrained braces*.



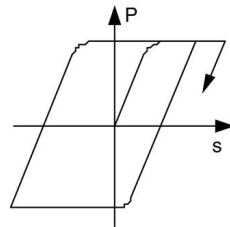
(a) Perilaku Kinematik CBF



(b) Perilaku Kinematik BRBF



(c) Kurva Histeris CBF



(d) Kurva Histeris BRBF

Gambar 2.1 Perilaku pada CBF dengan BRBF

Sumber : Qiang Xie (2005). *Journal of Constructional Steel Research Vol 61*



(a) Pengujian pada CBF

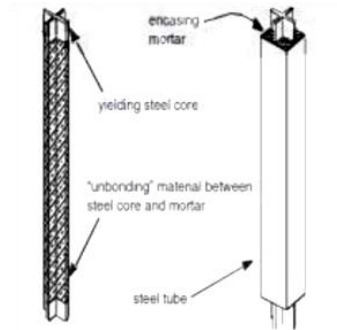


(b) Pengujian pada BRBF

Gambar 2.2 Pengujian pada CBF dengan BRBF

Sumber : Deulkar & al. (2010). "Buckling restrained braces For Vibration Control Of Building Structure"

Dalam upaya menyelesaikan masalah tekuk pada sistem rangka bresing konsentrik, nilai kelangsingan yang dimiliki bresing direncanakan sekecil mungkin, agar nilai kekuatan bresing mendekati kekuatan lelehnya. Untuk mencapai kelangsingan yang kecil, luas penampang bresing diperbesar. Perbesaran luas penampang ini dilakukan dengan menambah selongsong di batang baja (yang diisi mortar atau beton). Batang baja dibiarkan memanjang dan memendek tanpa tekuk yang berarti. Sistem penahan tekuk akan membatasi kejadian tekuk dari batang baja inti hingga mampu berdeformasi mencapai $2.0 \times$ simpangan antar lantai yang diperhitungkan (AISC, 2005). Pelelehan bresing merupakan proses disipasi energi yang diharapkan dalam sistem rangka *buckling restrained braces*.



Gambar 2.3 Konsep *Buckling Restrained Braces*

Sumber : Clark, P,et al (1999). Proc. 69th Annual SEAOC Convention, Sacramento,CA

Menurut Bertero, Vitelmo (2004) Komponen *Buckling restrained braces* terdiri dari 5 komponen yaitu :

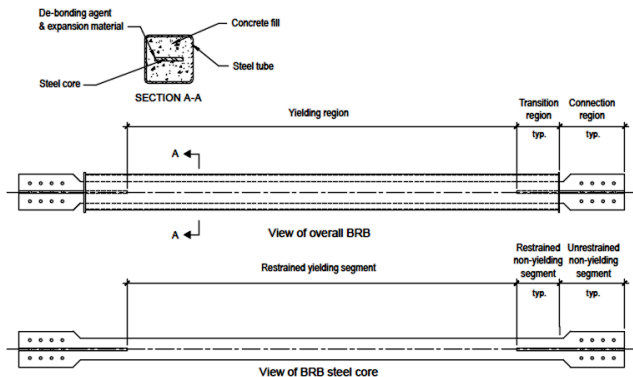


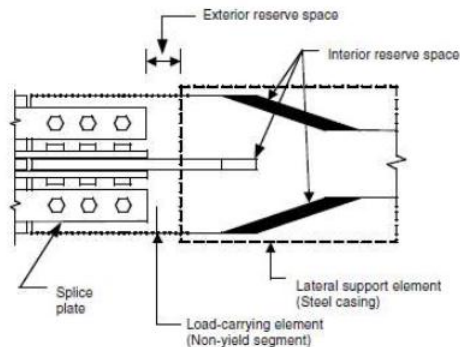
Figure 1-2. Common BRB assembly.

Gambar 2.4 Komponen *Buckling Restrained Braces*

Sumber : Kersting, Fahnestock, Lopez (2015). Seismic Design of Steel Buckling-Restrained Braced Frames, A Guide for Practicing Engineers

1. Segmen Terkekang - Leleh

Segmen ini berpenampang baja berbentuk persegi atau salib. Terdapat plat baja disekelilingnya yang disebut casing dan lebih dari satu pelat bias digunakan. Karena segmen ini di desain leleh dibawah pembebanan siklik, baja ringan (A36 atau baja kekuatan rendah) yang mempunyai daktilitas yang tinggi dapat digunakan. Alternatif baja kekuatan tinggi (A572 Gr 50 steel) juga telah digunakan. Juga diinginkan bahan baja dengan kekuatan leleh diprediksi dengan variasi kecil. Properti ini penting untuk desain kapasitas BRB yang dapat diandalkan.



Gambar 2.5 Gap antara mortar dan elemen tahan leleh

Sumber: Chen C.C, Chen S.Y and Liaw J.J(2001)

2. Segmen Terkekang - Tidak Leleh

Segmen yang dikelilingi oleh casing dan mortar, yang biasanya merupakan perpanjangan dari segmen terkekang-leleh, tetapi dengan area diperbesar untuk memastikan respon elastis. Hal ini dapat dicapai dengan memperluas segmen terkekang-leleh (transisi pada lebar penampang harus kecil untuk menghindari konsentrasi tegangan). Pengaku akan dilas untuk meningkatkan area di wilayah ini.

3. Segmen Tidak Terkekang - Tidak Leleh

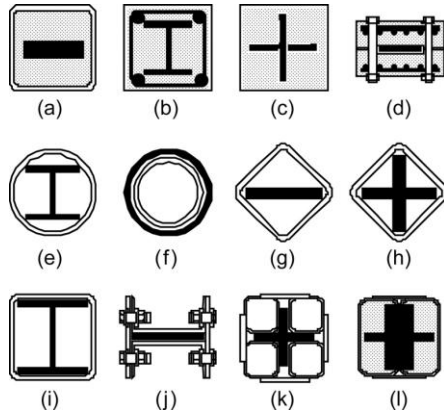
Segmen ini biasanya merupakan perpanjangan dari segmen terkekang tidak leleh. segmen ini juga disebut proyeksi inti baja. Segmen ini dirancang sebagai baut sambungan untuk ereksi lapangan, tapi desain koneksi lain seperti koneksi pin atau koneksi las juga memungkinkan. Pertimbangan desain segmen ini meliputi (i) toleransi untuk kemudahan ereksi lapangan dan (ii) pencegahan tekuk lokal.

4. Casing dan Pengisi Pencegah Tekuk

Inersia material yang efektif dapat meminimalkan atau menghilangkan transfer gaya geser antara segmen baja tahanan, bahan seperti karet (Iwata et al, 2000; Staker dan Reaveley, 2002), polietilen (Tremblay et al, 1999), silicon grease (Chen et al., 2001a) telah digunakan. Segmen menghasilkan tahanan, amplitudo tekuk kecil dalam mode yang lebih tinggi karena adanya mekanisme penahanan. Gap ini harus cukup besar untuk memungkinkan perluasan dari inti baja menghasilkan tekan. Jika gesekan yang dibuat oleh aksi bantalan antara baja dan mortar akan memaksa menahan tekuk untuk beban aksial. Di sisi lain, jika kesenjangan yang terlalu besar amplitudo tekuk dan kelengkungan terkait dari baja melengkung menghasilkan segmen besar, yang akan mengurangi siklus kelelahan segmen. Dalam menentukan desain gap, rasio Poisson dalam elastis (0,3) dan leleh (0,5).

5. Mekanisme tekuk- terkekang

Mekanisme ini biasanya berisi mortar dan casing baja. Mekanisme tekuk terkekang bisa dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.6 Berbagai macam bentuk penampang *Buckling*

Restrained Brace

Sumber : Qiang Xie (2005). *Journal of Constructional Steel Research Vol 61*

Buckling restrained braces memiliki keuntungan sebagai berikut (Shuhaibaret al, 2002):

1. Dibandingkan dengan rangka penahan momen (MRF), *Buckling restrained braces* menunjukkan kekakuan lateral elastis tinggi pada beban gempa kuat, sehingga mudah untuk memenuhi persyaratan peraturan.
2. *Buckling restrained braces* menghilangkan tekuk yang tidak diinginkan dari CBFs konvensional akibat leleh pada tarik dan tekannya, sehingga memberikan disipasi energi yang lebih besar dan stabil pada beban gempa kuat.
3. Instalasi *Buckling restrained braces* ekonomis melalui sambungan baut atau pinned pada pelat gusset, yang mengeliminasi pengelasan dan inspeksi yang mahal.
4. Bresing bertindak sebagai elemen struktural yang dapat diganti, yang meminimalkan kerusakan pada elemen lain mengganti bresing yang rusak setelah peristiwa gempa besar.

5. *Buckling restrained braces* menawarkan fleksibilitas desain karena baik kekuatan dan kekakuan dari bresing dapat dengan mudah distel. Selain itu, analisis inelastis lebih mudah untuk model perilaku siklik dari *Buckling restrained braces*.
6. Untuk rehabilitasi seismik, *Buckling restrained braces* lebih menguntungkan dibandingkan bresing sistem konvensional karena ketentuan desain kapasitas untuk sistem konvensional memerlukan pondasi mahal dan kekuatan diafragma lantai.

2.2.1 Perhitungan Kekuatan *Buckling Restrained Braces System*

Perhitungan dimulai dengan memperkirakan ukuran luas *steel core* yang akan dipakai dalam desain, dengan memperhatikan besarnya gaya aksial yang akan terjadi pada bresing akibat kombinasi pembebanan yang telah direncanakan. Sebagai evaluasi kekuatan bresing, ditentukan kapasitas bresing yang akan dipasang, Sehingga didapat *Demand Capacity Ratio (DCR)*,

$$DCR = \frac{P_u}{\phi P_{ysc}} \quad (2.1)$$

dengan P_u adalah gaya aksial ultimit dengan ϕ 0,9.

Apabila nilai DCR kurang dari satu ($DCR < 1$), maka pemilihan luasan *steel core* bresing dapat diterima. Apabila nilai $DCR > 1$, diambil langkah dengan memperbesar luas penampang bresing. Luas penampang bresing ditentukan berdasarkan AISC persamaan 16.1:

$$\phi P_{ysc} = 0,9 F_{ysc} \cdot A_{sc \text{ required}} \quad (2.2)$$

$$A_{sc \text{ required}} = \frac{P_{ysc}}{f_y} \quad (2.3)$$

Menentukan panjang (bpl) dan lebar (tpl) core :

$$bpl = \frac{A_{sc \text{ required}}}{t_{pl}} \quad (2.4)$$

2.2.2 Perhitungan *Adjusted Brace Strength*

Untuk menentukan nilai *adjusted brace strength*, diperlukan nilai ω dan β . Nilai nilai tersebut didapat setelah dilakukan perhitungan nilai $2.0 \Delta bm$ sesuai AISC 2005[1] dan regangan bresing (*brace strain*) sebagai berikut:

1. Menentukan nilai Δbx

Nilai Δbx adalah nilai deformasi *Buckling restrained braces* berdasarkan simpangan antar lantai elastik. Nilai ini ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta_{bx} = \frac{P_{bx} L_{ysc}}{EA_{sc}} \quad (2.5)$$

2. Menentukan nilai Δbm

Nilai Δbm adalah nilai deformasi *Buckling restrained braces* berdasarkan simpangan antar lantai desain dalam kondisi inelastik yang direncanakan. Nilai ini ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta_{bm} = C_d \cdot \Delta_{bx} \quad (2.6)$$

Dengan C_d adalah faktor perbesaran defleksi yang tergantung pada sistem rangka yang sedang direncanakan. Untuk *Buckling restrained braces* ini, nilai C_d adalah 5 (Tabel R3-1 Appendix R, ANSI/AISC 341-05).

3. Menghitung regangan bresing rata-rata (ϵ_{BRC})

Dengan asumsi bresing berdeformasi hingga mencapai 2 kali deformasi inelastik yang direncanakan, nilai regangan bresing rata-rata (dalam %) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\epsilon_{BRC} = \frac{2\Delta_{bm}}{L_{ysc}} \quad (2.7)$$

Nilai ini menjadi acuan dalam perhitungan kekuatan rencana bresing. Member force check $N_{pl} = A_{sc} \cdot F_y$

4. Menentukan *adjustment factors* ω dan β

Dengan menggunakan backbone curve yang menggambarkan hubungan antara gaya aksial bresing normalisasi terhadap regangan bresing rata-rata dari bresing yang akan digunakan, nilai ϵ_{BRC} diplotkan untuk menentukan *adjustment factors* ω dan β yang digunakan dalam perencanaan seperti terlihat pada Gambar 6. Dengan demikian akan dapat diketahui berapa luas penampang bresing yang dibutuhkan dan kapasitas maksimum dari bresing tersebut.

5. Sambungan *Buckling restrained braces*

Kekuatan dari sambungan bresing untuk tarik dan tekan (termasuk hubungan antar balok dan kolom jika ini termasuk ke dalam sistem bresing) direncanakan 1,1 kali lebih besar daripada *adjusted brace strength* untuk tekan. Hal ini dilakukan untuk menjamin sambungan tidak leleh pada saat bresing berdeformasi maksimum.

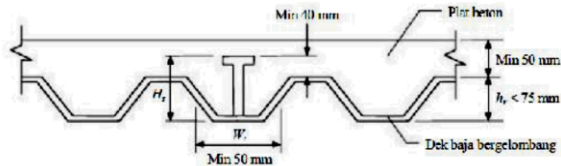
2.3. Analisis Gaya Gempa

Pemilihan metode analisis antara analisis statik dan dinamik umumnya ditentukan dalam peraturan perencanaan yang berlaku. Pemilihan metode analisis tergantung pada bangunan tersebut apakah termasuk struktur gedung beraturan atau tidak beraturan. Jika suatu bangunan termasuk struktur bangunan

beraturan yang didefinisikan dalam peraturan perencanaan, maka analisis gempa dilakukan dengan analisis statik. Sebaliknya, jika suatu struktur termasuk struktur bangunan tidak beraturan, maka analisis gempa dilakukan dengan cara dinamik.

2.4. *Steel Floor Deck*

Steel Floor Deck yaitu suatu material yang bisa difungsikan sebagai media pengganti konvensional berbentuk papan lembar yang terbuat dari bahan baja galvanis berkuatan tinggi. Biasanya *steel floor deck* dipakai sebagai pengganti bekisting dalam proses pembuatan lantai atau atap dari beton dan juga berfungsi sebagai penulangan positif satu arah. Penggunaan dek baja juga dapat dipertimbangkan sebagai dukungan dalam arah lateral dari balok sebelum beton mulai mengeras. Arah dari gelombang dek baja biasanya diletakkan tegak lurus balok penompangnya.



Gambar 2.7 Penampang *Steel Floor Deck*

2.5. Sambungan

Sambungan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari perencanaan struktur baja. Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam (momen, lintang/geser, dan/atau aksial) antar komponen-komponen struktur yang disambung, sesuai dengan perilaku struktur yang direncanakan. Keandalan sebuah struktur baja untuk bekerja dengan mekanisme yang direncanakan sangat tergantung oleh keandalan sambungan. Kegagalan dalam sambungan dapat mengakibatkan perubahan fungsi struktur bangunan tersebut, dan yang paling berbahaya

adalah keruntuhan pada struktur tersebut. Sehingga untuk mencegah hal tersebut maka kekakuan sambungan antara balok dan kolom tersebut harus baik.

2.5.1 Tipe Sambungan

Sambungan berdasarkan atas kemampuan tahanan terhadap perputaran yang dibagi 2 type yaitu:

1. *Type Fully Restrained* (FR) yaitu penahan penuh atau kaku (*rigid*) mempunyai tahanan yang kaku dan tidak dapat berputar
2. *Type partially Restrained* (PR) yaitu penahanan tidak penuh, tidak cukup kaku (*rigid*) untuk mempertahankan sudut akibat beban.

2.5.2 Klasifikasi Sambungan Berdasar Ratio Tahan Momen

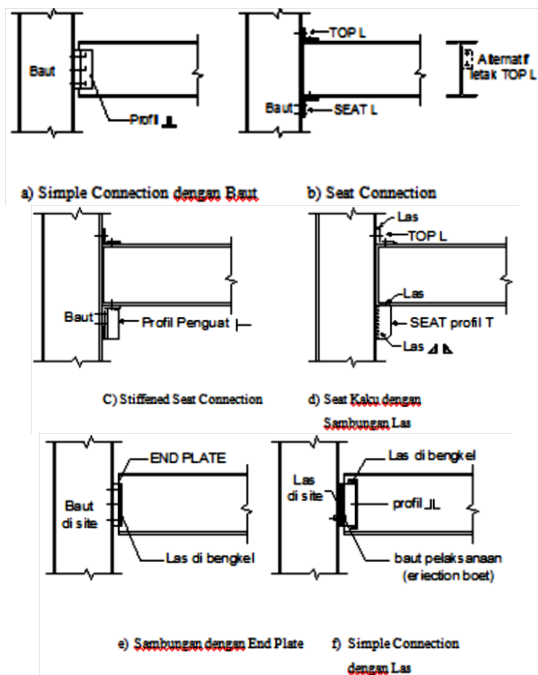
Klasifikasi sambungan berdasar pada ratio tahanan momen sambungan terhadap momen jepit sempurna adalah sebagai berikut :

1. *Simple Connection* (Sambungan Sendi)
 - Momen sambungan = (0%-20%) Momen tahanan jepit sempurna
 - Sambungan dapat memberikan perputaran pada ujung balok secara bebas
 - Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap elemen struktur yang disambung
 - Detail sambungan harus mempunyai kapasitas rotasi yang cukup
 - Dapat memikul gaya reaksi yang bekerja
2. *Semi - Rigid Connetion* (Sambungan Semi Kaku)
 - Momen sambungan = (20%-90%) Momen tahanan jepit sempurna
 - Sambungan tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut - sudut antara elemen yang disambung

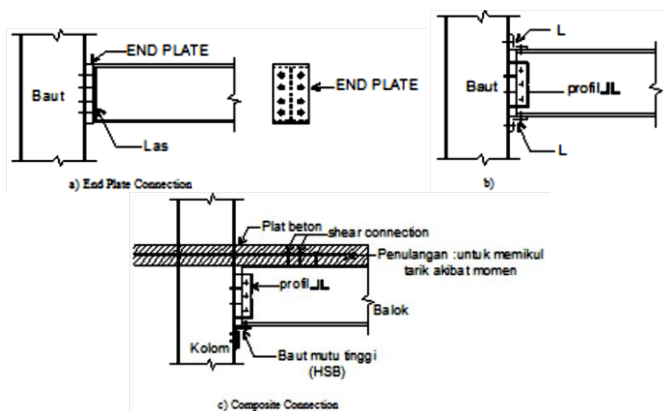
- Dianggap mempunyai kapasitas yang cukup untuk memberikan tahanan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut tersebut
- Tingkat kapasitas tersebut terhadap beban yang bekerja ditetapkan berdasarkan percobaan.

3. *Rigid Connection* (Sambungan Kaku)

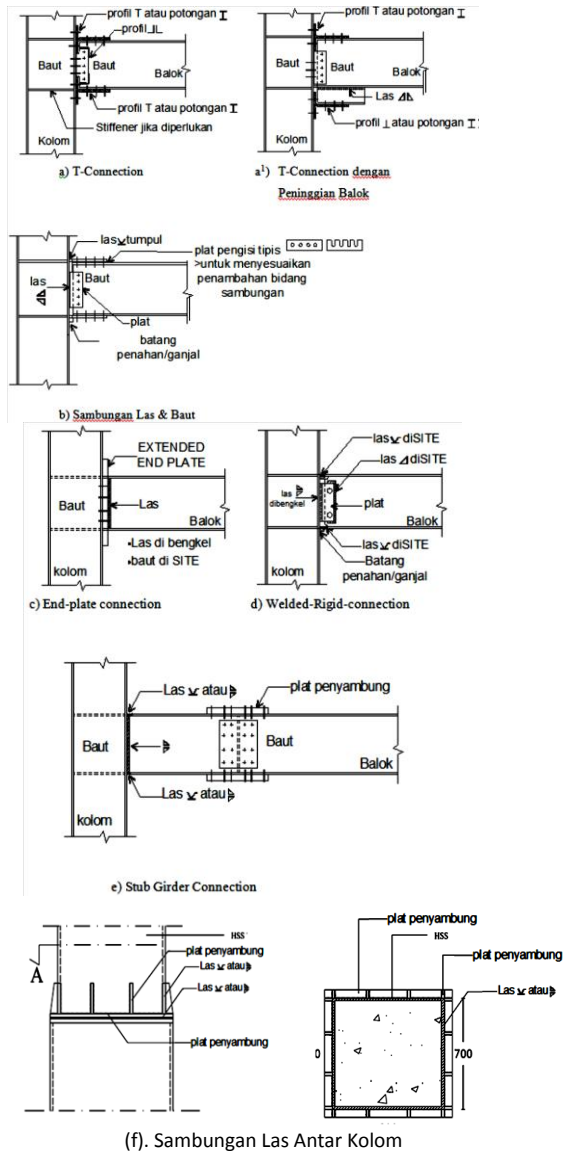
- Momen sambungan = (90%-100%) Momen tahanan jepit sempurna
- Sambungan dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut - sudut diantara elemen- elemen yang disambungkan.
- Sambungan mampu memikul momen yang bekerja, sehingga deformasi titik kumpul tidak terlalu berpengaruh terhadap distribusi gaya dalam maupun terhadap deformasi keseluruhan struktur.



Gambar 2. 8 Jenis – Jenis Sambungan *Simple Connection*



Gambar 2.9 Jenis – Jenis Sambungan *Semi - Rigid Connection*



Gambar 2.10 Jenis – Jenis Sambungan Rigid Connection

Suatu sistem sambungan terdiri dari:

1. Komponen struktur yang disambung, dapat berupa balok, kolom, batang tarik, atau batang tekan.
2. Alat penyambung, dapat berupa pengencang, baut biasa, baut mutu tinggi, dan paku keling, atau sambungan las seperti las tumpul, las sudut, dan las pengisi
3. Elemen penyambung, berupa pelat buhul atau pelat penyambung.

2.6. Struktur Bawah

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antarpartikelnya, yang terbentuk karena pelapukan batuan (Craig, 1987). Tanah selalu mempunyai peranan penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Mengingat hampir semua bangunan dibuat diatas atau dibawah tanah, maka perencanaan struktur bawah suatu konstruksi bangunan harus direncanakan dengan tepat dan akurat untuk dapat menjaga kestabilan konstruksi yang ditahan. Struktur bawah adalah seluruh bagian struktur gedung atau bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, dapat berupa *basement* dan/atau sistem pondasi.

Struktur bawah memikul beban dari struktur atas sehingga struktur bawah tidak boleh gagal lebih dahulu dari struktur atas. Dalam merencanakan struktur bawah dibutuhkan data – data mengenai karakteristik tanah tempat bangunan tersebut berada dan beban struktur yang bekerja diatas struktur bawah yang direncanakan. Beban struktur yang bekerja tergantung dari jenis material yang digunakan, jumlah tingkat bangunan, jenis – jenis beban yang bekerja pada struktur bangunan tersebut, dan lain – lain.

Hasil dari penyelidikan tanah yang dilaporkan oleh *soil engineer* antara lain :

- a. Kondisi tanah dasar yang menjelaskan jenis lapisan tanah pada beberapa lapisan kedalaman.
- b. Analisa daya dukung tanah.

- c. Besar nilai SPT (*Standart Penetration Test*) dari beberapa titik bor.
- d. Besar tahanan ujung konus dan jumlah hambatan perekat dai beberapa titik sondir.
- e. Hasil tes labolatorium tanah untuk mengetahui berat jenis tanah, dan lain – lain.
- f. Analisa daya dukung tiang pondasi berdasarkan data – data tanah (apabila menggunakan pondasi tiang)

2.6.1 *Basement*

Basement adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan dinding pada basement berfungsi menahan tekanan tanah lateral . Bila suatu dinding tidak bergerak membatasi suatu massa tanah, maka massa tanah tersebut akan berada pada suatu keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*), rasio antara tekanan arah vertikal dan horizontal dinamakan koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (K_o)

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad (2.8)$$

Menurut Jaky (1944)

$$K_o = 1 - \sin \theta \quad (2.9)$$

(untuk tanah berbutir)

Menurut Broker dan Ireland (1965)

$$K_o = 0,95 - \sin \theta \quad (2.10)$$

(untuk tanah lempung terkonsolidasi secara normal)

a. Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Namun jika suatu dinding vertikal licin yang membatasi suatu massa tanah tersebut diijinkan bergerak, maka tekanan tanah horizontal dalam elemen tanah tersebut akan berkurang secara terus menerus. Dan akhirnya dicapai suatu keseimbangan plastis. Kondisi tersebut dinamakan sebagai kondisi aktif menurut Rankine (1857) “*Rankine’s active sate*”.

Tekanan tanah yang bekerja pada dinding tersebut adalah tekanan tanah aktif (σ_a).

$$\sigma_a = \sigma_v \times K_a \quad (2.11)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.12)$$

Dimana :

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

Sedangkan keadaan tanah pasif adalah apabila suatu dinding vertikal licin tak terhingga didorong masuk secara perlahan – lahan ke arah dalam tanah, maka tegangan horizontal (σ_h) akan bertambah secara terus menerus. Pada keadaan ini, keruntuhan tanah akan terjadi yang kita kenal sebagai kondisi tanah pasif menurut Rankine (1857) “*Rankine’s passive state*”. Tekanan tanah yang bekerja pada dinding tersebut adalah tekanan tanah pasif (σ_p).

$$\sigma_p = \sigma_v \times K_p \quad (2.13)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.14)$$

Dimana :

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

b. Tekanan Tanah Aktif dan Pasif untuk tanah yang berkoheisi

Rankine tidak menyertakan harga kohesi tanah kedalam formula tekanan tanahnya, kemudian Bell (1915) memperbaharui formula tersebut dengan menyertakan harga kohesi tanah untuk perhitungan tekanan tanah lateral tanah berkoheisi pada suatu dinding. Berikut ini persamaan tekanan tanah aktif tanah aktif untuk tanah berkoheisi :

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) - 2 c \tan \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.15)$$

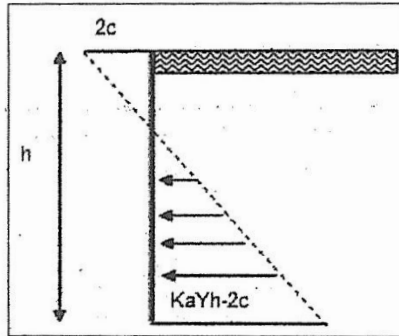
$$\sigma_a = \sigma_v K_a - 2 c \sqrt{K_a} \quad (2.16)$$

Dimana :

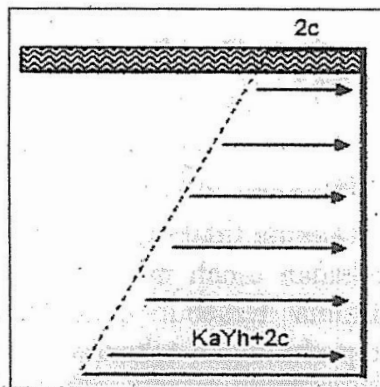
σ_v = tegangan vertikal tanah (t/m^2)

c = kohesi tanah

θ = sudut geser tanah



Gambar 2.11 Tekanan Tanah Aktif Tanah Kohesif pada Dinding



Gambar 2.12 Tekanan Tanah Pasif Tanah Kohesif pada Dinding

Sedangkan untuk tekanan tanah pasif berlaku persamaan :

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2 \left(45 + \frac{\theta}{2} \right) + 2 c \tan \left(45^\circ + \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.17)$$

$$\sigma_p = \sigma_v Kp + 2 c \sqrt{Kp} \quad (2.18)$$

Dimana :

σ_v = tegangan vertikal tanah (t/m^2)

c = kohesi tanah

θ = sudut geser tanah

c. Perhitungan Dinding Turap dengan metode *free earth support*
Asumsi dari metode ini adalah :

1. Tiang turap dianggap kaku jika dibandingkan dengan tanah sekitarnya.
2. Dinding turap dapat bergerak dengan cukup untuk menimbulkan tekanan tanah minimum aktif dan pasif.

Langkah – langkah perhitungan :

a. Langkah 1

Besar kedalaman turap diwakili dengan variable D , yang kemudian akan dicari nilainya. Pada akhir perhitungan dengan metode ini, harga D akan didapatkan dalam bentuk persamaan, $aD^3 + bD^2 + cD + d = 0$, yang kemudian bisa diselesaikan dengan metode *trial and error*.

b. Langkah 2

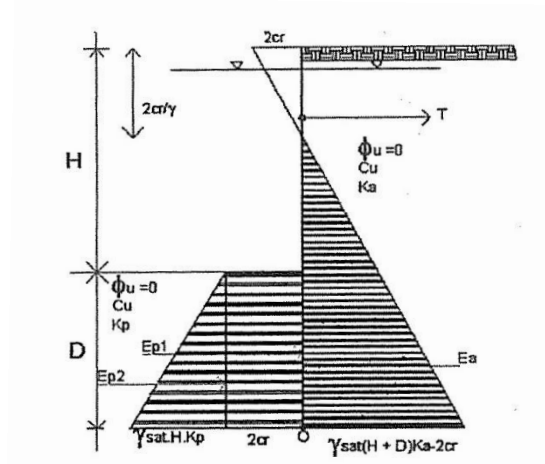
Menentukan tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja pada dinding turap. Dari sisi tanah pasif, dipergunakan faktor keamanan sebesar 1,5 – 2 yaitu untuk tanah *cohesionless* digunakan sudut geser ϕ'' .

$$\tan \phi'' = \frac{\phi'}{SF}$$

Dimana :

Φ' = Sudut geser efektif

SF = Faktor Keamanan (1,5 – 2)



Gambar 2.13 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Tanah Kohesif pada Dinding

Dimana :

$$r = \text{faktor adhesi} = \sqrt{1 + \frac{C_w}{c}}$$

C_w = adhesi antara lempung dan sheet pile

$C_w = 0,56$

C = nilai kohesi tanah

K_a = koefisien tanah aktif menurut Rankine

K_p = koefisien tanah pasif menurut Rankine

C_u = *cohesion undrained*

c. Langkah 3

Menghitung kedalaman (D) turap

Dengan cara $\Sigma M_T = 0$, atau dengan $\Sigma M_o = 0$ bila tanpa jangkar.

d. Langkah 4

Mencari gaya angker (T)

Dengan cara $\Sigma F_x = 0$

$$T = \Sigma E_a - \Sigma E_p$$

Dimana :

ΣE_a = total gaya aktif yang bekerja akibat tanah maupun *surchage*

ΣE_p = total gaya pasif yang bekerja

2.6.2 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban diatasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (*solid*).

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Semua konstruksi yang direncanakan, keberadaan pondasi sangat penting mengingat pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan yang berfungsi mendukung bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut dan meneruskan beban bangunan itu, baik beban mati, beban hidup dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan, biasanya pondasi diletakkan pada tanah yang keras.

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam

(*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah (Pratama, 2015).

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi :

1. Pondasi dangkal

Menurut Pratama (2015) pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

a. Pondasi telapak

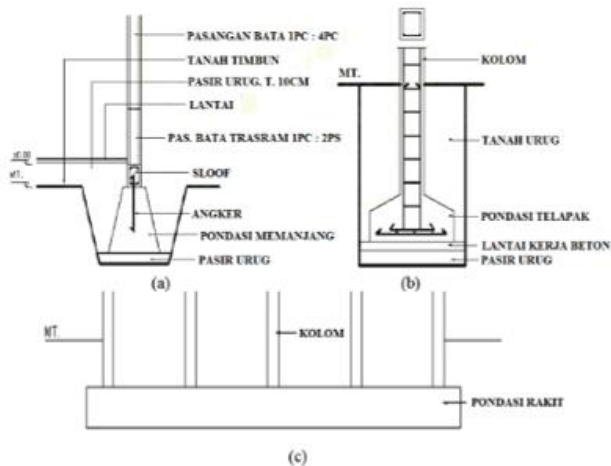
Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.14a)

b. Pondasi memanjang

Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.14b)

c. Pondasi rakit (*raft foundation*)

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom- kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi- sisinya berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.14c)



Gambar 2.14 Jenis Pondasi Dangkal

Sumber : Pratama (2015).

2. Pondasi dalam

Menurut Pratama (2015) pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti :

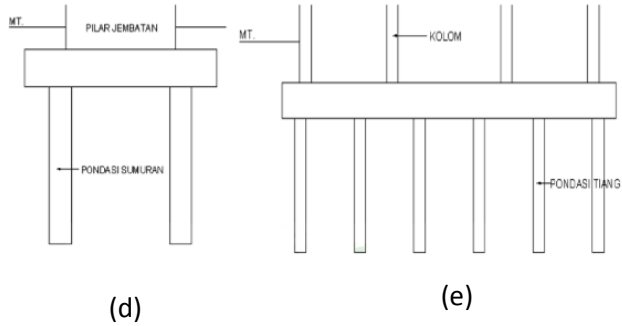
a. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$ seperti pada gambar Gambar 2.15d.

b. Pondasi tiang (*pile foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang

umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran seperti pada gambar Gambar 2.15e



Gambar 2.15 Jenis Pondasi Dalam
Sumber : Pratama (2015).

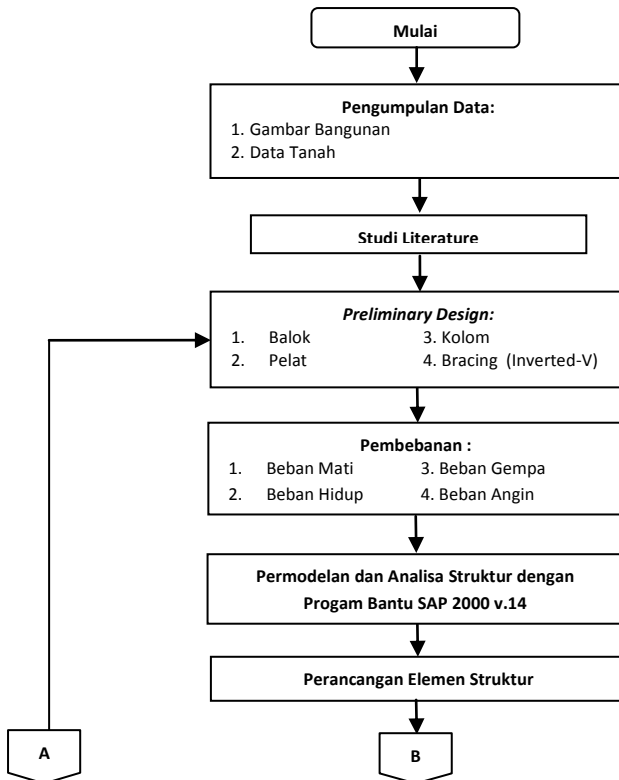
BAB III

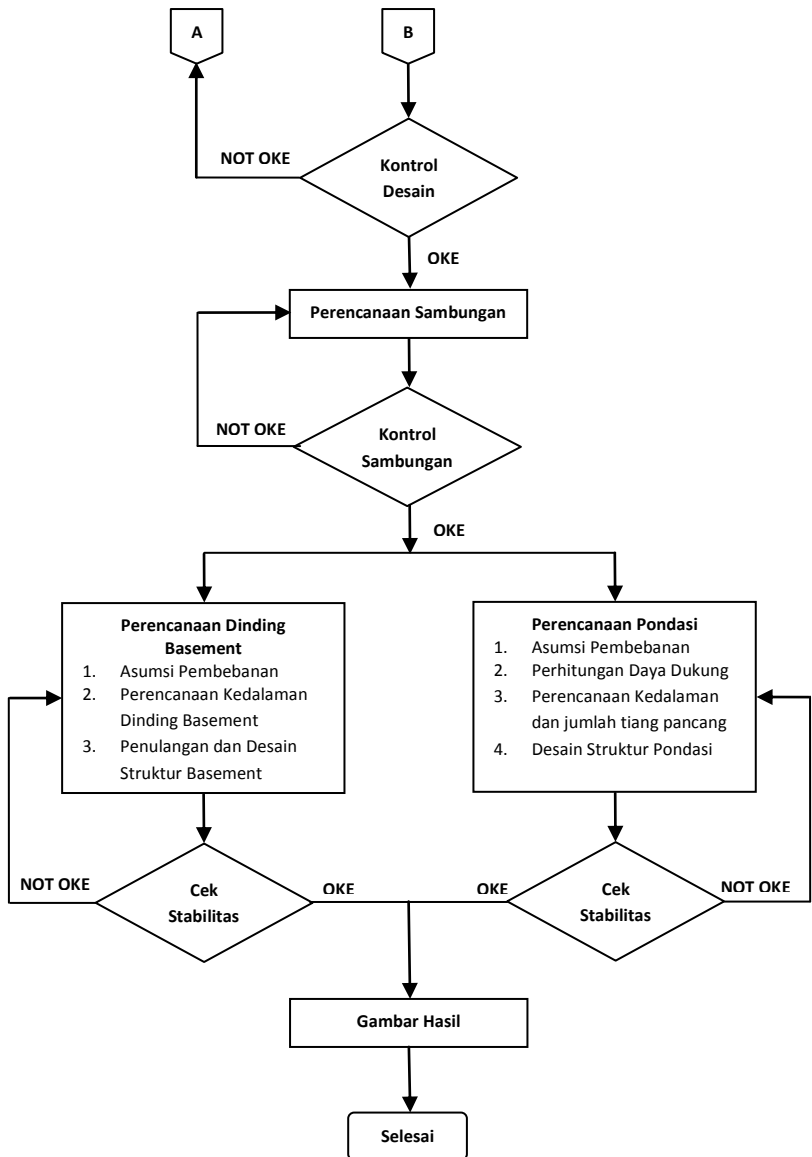
METODOLOGI

3.1. Umum

Dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir diperlukan metode dan urutan yang jelas dan sistematis. Oleh karena itu, dibuat suatu metodologi yang dimaksudkan agar pengerjaan tugas akhir ini berjalan dengan baik dan efektif. Metodologi ini membahas langkah-langkah atau urutan-urutan serta metode yang akan dipakai dalam penyelesaian tugas akhir.

3.2. Diagram Alur Perencanaan





Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan data – data lapangan yang telah diperoleh dari berbagai pihak, seperti dari pihak pelaksana (kontraktor), owner, dan konsultan. Untuk tugas akhir ini data diperoleh dari pihak konsultan. Data yang telah diperoleh ini digunakan dalam perencanaan meliputi gambar eksisting gedung dan data pengujian tanah.

1. Data Eksisting Umum Gedung

- Nama Gedung : Gedung Golden Tulip
Essensial Hotel
- Lokasi Gedung : Bojonegoro
- Fungsi Gedung : Hotel
- Jumlah Lantai : 8 Lantai + 1 Lantai
basement
- Tinggi Gedung : + 31.25 meter
(termasuk tinggi lantai basement, 3 meter)

2. Data Gambar Eksisting : Terlampir

3. Data Tanah : Terlampir

3.4. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan tata cara perencanaan dari Tugas Akhir ini. Literatur dan peraturan-peraturan yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain:

1. SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
3. SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
4. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

5. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
6. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG, 1983)
7. Sosrodarsono, Suryono dan Kazuto Nakazawa.1980. Mekanika Tanah dan teknik Pondasi.
8. Bowles, Joseph E. 1988. Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2.

3.5. *Preliminary Design*

Struktur bangunan yang akan direncanakan adalah struktur bangunan baja dengan Sistem Rangka Bresing Tahan Tekuk (*Buckling Restrained Braced Frame, BRBF*) yang akan dianalisa gaya dalamnya menggunakan program SAP 2000 v.14, dengan data – data sebagai berikut :

Data Modifikasi Gedung

- Nama Gedung : Gedung Golden Tulip
Essensial Hotel
- Lokasi Gedung : Bojonegoro
- Fungsi Gedung : Hotel
- Jumlah Lantai : 10 Lantai + 1 Lantai Basement
- Tinggi Gedung : 32.7 meter + 3 meter
- Struktur Utama : Baja
- Sistem Struktur : *Buckling Restrained Braced Frame (BRBF)*
- Dinding Basement : *Reinforced Concrete*
- Struktur Pondasi : Tiang Pancang
- Mutu Baja : BJ 41
- Mutu Beton : $f_c' 30 \text{ Mpa}$

Data Material

- Profil Kolom : Kolom Komposit CFT
dengan profil HSS (BJ 41)
 $f_y = 250 \text{ Mpa}$; $f_u = 410 \text{ Mpa}$

- Profil Balok : Profil WF (BJ 41)
fy = 250 Mpa ; fu = 410 Mpa
- Profil Bracing : (BJ 41)
fy = 250 Mpa ; fu = 410 Mpa
- Data tanah : Data tanah yang digunakan berdasarkan nilai SPT, yang dipakai untuk merencanakan basement dan pondasi.

3.6. Pembebanan

Dalam melakukan perencanaan struktur bangunan harus memperhatikan beban- beban yang akan terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga diperlukannya suatu pendekatan dengan asumsi yang mendekati keadaan yang sesungguhnya.

3.6.1 Beban Gravitasi

Perhitungan beban gravitasi terbagi menjadi dua yaitu:

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap berupa balok, kolom, dinding dan juga termasuk segala unsur tambahan finishing, mesin- mesin serta peralatan- peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung tersebut, beban mati mengacu pada PPUIG 1987.

2. Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban hidup lantai dan atap yang diakibatkan oleh penghunian atau penggunaan gedung. Beban ini tergantung oleh fungsi gedung yang direncanakan. Beban hidup dapat menimbulkan lendutan pada struktur, sehingga harus diperlukan keamanan dalam pendesainannya, beban hidup mengacu pada SNI 1727:2013.

3.6.2 Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya angin tekan dan angin hisap, yang bekerja tegak lurus pada bidang- bidang yang ditinjau. Beban angin mengacu pada PPIUG 1987.

3.6.3 Beban Gempa

Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2012

3.6.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan akibat beban *ultimate* yang mengacu pada SNI 1726:2012 antara lain:

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 L (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,0 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $0,9 D \pm 1,0 E + L$
6. $1,2 D + 1,0 E + L$
7. $0,9 D + 1,0 W$
8. $0,9 D + 1,0 E$

3.7. Permodelan Dengan Program Bantu SAP 2000 v.14

Permodelan struktur dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi menggunakan program bantu SAP 2000 v.14

3.8. Analisa Struktur Dengan Program Bantu SAP 2000 v.14

Setelah dilakukan permodelan struktur dan pembebanan pada gedung ini maka didapatkan gaya dalam pada setiap elemen gedung dengan program bantu SAP 2000 v.14. Selanjutnya, pada Tugas Akhir ini akan dilakukan kontrol *design* pada struktur gedung.

3.9. Kontrol Design

Hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan – batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol berat bangunan hasil manual dengan program bantu SAP2000 v.14
- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)
- Kontrol pengaruh P-delta.
- Kontrol tipe ketidakberaturan torsi

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan kontrol pada penampang dan pengecekan kapasitas penampang.

3.10. Perencanaan Sambungan

Dalam perencanaan sambungan pada elemen struktur baja gedung ini menggunakan sambungan baut dan sambungan las.

3.10.1 Sambungan Baut

Sambungan baut mengacu pada SNI 1729:2015 pasal J3.1 – J3.7

3.10.2 Sambungan Las

Sambungan las mengacu pada SNI 1729:2015 J2.4

3.11. Perencanaan Dinding Basement

Perencanaan struktur dinding *basement* direncanakan menggunakan plat beton. Dalam perencanaan struktur dinding *basement* yang mampu memikul beban vertical dan lateral dapat dilakukan dengan mengikuti diagram alir dan langkah – langkah dalam merencanakan dinding basement dengan plat beton antara lain :

1. Menentukan beban – beban yang akan bekerja pada dinding basement.
2. Perencanaan kedalaman dinding basement dengan metode *free-earth* support
3. Preliminary desain dinding basement
4. Penulangan dan desain dinding basement

3.12. Perencanaan Pondasi

Pondasi direncanakan menggunakan tiang pancang. Perhitungan daya dukung pondasi didasarkan pada *Standart Penetration Test* (SPT) terlampir dengan menggunakan persamaan Luciano Decourt (1982).

$$Q_L = Q_p + Q_s \quad (3.1)$$

Keterangan :

Q_L = daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_p = Resistance Ultimate didasar pondasi

Q_s = Resistance Ultimate akibat lekatan lateral

Tahanan ujung ultimit (Q_p) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.2)$$

Tahanan gesek dinding tiang (Q_s) dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_s = q_s \cdot A_s = (N_s/3+1) \cdot A_s \quad (3.3)$$

Dimana :

N_p = Harga rata-rata SPT disekitar 4D di atas hingga 4D di bawah pondasi

D = Diameter dasar pondasi

K = Koefisien karakteristik tanah

12 t/m² = 117,7 kPa (lempung)

20 t/m² = 196 kPa (lanau berlempung)

25 t/m² = 245 kPa (lanau berpasir)

40 t/m² = 392 kPa (pasir)

- A_p = Luas penampang dasar tiang
 q_p = Tegangan di ujung tiang
 N_s = Harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan $3 \leq N_s \leq 50$
 A_s = Luas selimut tiang
 q_s = Tegangan akibat lekatan lateral t/m²
 α dan β = Koefisien berdasarkan tipe pondasi dan jenis tanah

3.12.1 Perumusan Efisiensi Grup Tiang Pancang

a. *Conversi – Labarre*

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{d}{s}\right)}{90} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \quad (3.4)$$

Dimana :

m = Jumlah baris tiang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang dalam grup

D = Diameter sebuah tiang pondasi

s = Jarak as ke as tiang dalam grup

b. *Los Angeles*

$$C_e = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m} \cdot [m \cdot (n - 1) + (m - 1) + \sqrt{2(m - 1)(n - 1)}] \quad (3.5)$$

c. *Terzaghi* (Daya dukung grup untuk tanah Lempung)

$$Q_G = \alpha^2 \cdot C_u \cdot N_C + 4 \cdot \alpha \cdot C_u \cdot D \quad (3.6)$$

$$\alpha = (n-1) s + d \quad (3.7)$$

Dimana :

D = Kedalaman tiang pondasi

S = Jarak as ke as tiang dalam grup

C_u = Kohesi *Undrained*

n = Jumlah tiang dalam grup

d = Diameter tiang

Perkiraan jumlah tiang pancang:

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} \quad (3.8)$$

Syarat: $P_{max} < P_{ijin}$

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > P_{ijin} \quad (3.9)$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > 0 \quad (3.10)$$

Dimana:

- n = Jumlah tiang pancang
- M_x = Momen yang bekerja pada arah X
- M_y = Momen yang bekerja pada arah Y
- X_{max} = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X
- Y_{max} = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu y
- Σx^2 = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu X
- Σy^2 = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu y

Untuk perhitungan jarak tiang ditentukan dengan persyaratan:

- Untuk jarak as ke as tiang pancang

$$2D < S < 2,5D \quad (3.11)$$

- Untuk jarak as tiang pancang ke tepi poer

$$1,5D < S_1 < 2D \quad (3.12)$$

3.12.2 Perencanaan Poer

- Kontrol tebal minimum poer

Menurut SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

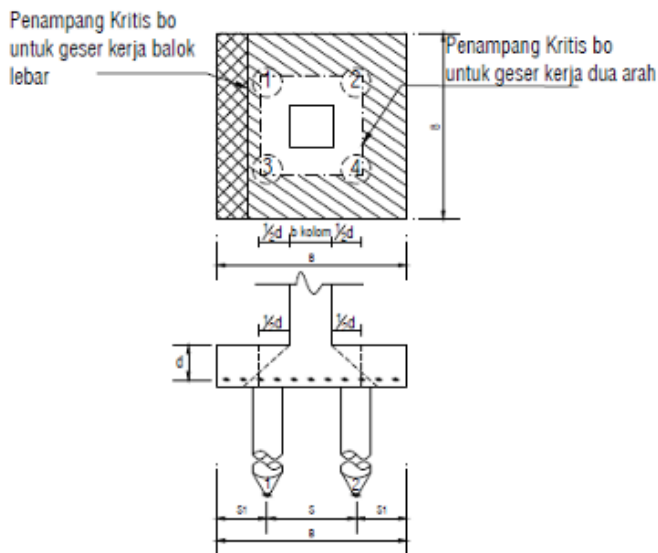
- Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Menurut SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka kolom yang dipikul pondasi.



Gambar 3.2 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom

- Kontrol geser satu arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.13)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.14)$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \quad (3.15)$$

- Kontrol geser dua arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari persamaan:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.13)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.16)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.17)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.18)$$

Keterangan:

Bc = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

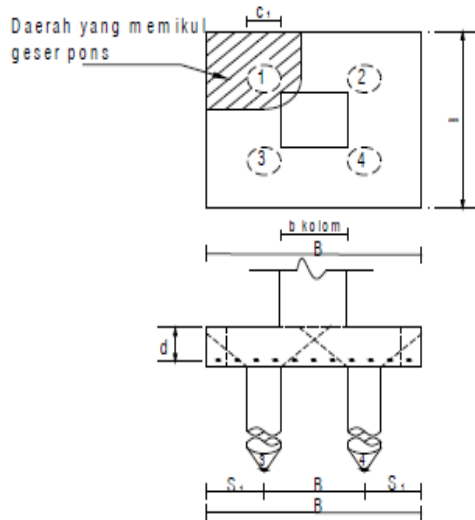
α = 40 untuk kolom dalam
= 30 untuk kolom tepi
= 20 untuk kolom sudut

B0 = Parameter penampang kritis

d = Tinggi manfaat pelat

- Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut.



Gambar 3.3 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.13)$$

Dimana V_c diambil nilai terkecil dari persamaan:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.16)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.17)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.18)$$

3.13. Gambar Hasil Perencanaan

Gambar hasil perencanaan merupakan tahapan akhir dari penyelesaian tugas akhir yang berfungsi sebagai hasil akhir dari analisis struktur yang telah dilakukan. Penggambaran akan dilakukan dengan menggunakan program bantu AutoCad.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

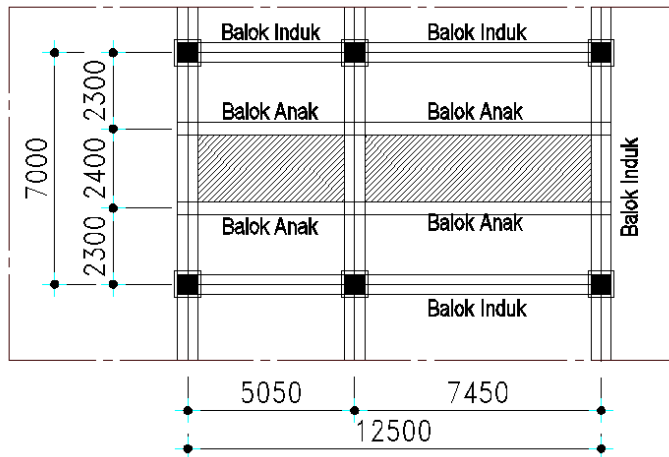
PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1. Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung

Perencanaan pelat lantai pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis dari PT Super Steel Indah. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Struktur lantai direncanakan tanpa penyangga (*no props*) selama proses pengerasan pelat beton.
- Beton menggunakan mutu $f_c' = 25$ MPa
- Bondex menggunakan tebal 0.75 mm
- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Mutu baja tulangan U-48

4.1.1. Pelat Lantai Atap



Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap hotel ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013.

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm, 2 x 21 = 42 kg/m²
 - Berat aspal 2 cm, 2 x 14 = 28 kg/m²
 - Berat plafon + penggantung 11 + 7 = 18 kg/m²
 - Berat ducting dan plumbing = 20 kg/m² +
-
- $q_{Dtotal} = 108 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai atap 20 psf $q_L = 97,64 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

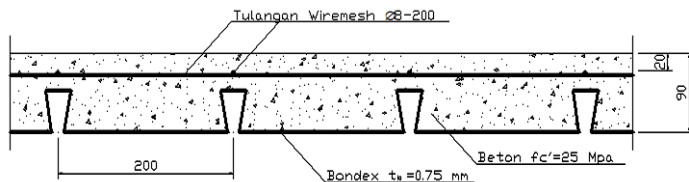
- $Q = q_D + q_L = 108 + 97,64$
 $= 205,64 \text{ kg/m}^2 \approx 300 \text{ kg/m}^2$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif tanpa penyangga didapatkan data-data sebagai berikut :

- Bentang 2,4 m
- Beban berguna = 300 kg/m²
- Tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 2,09 cm²/m

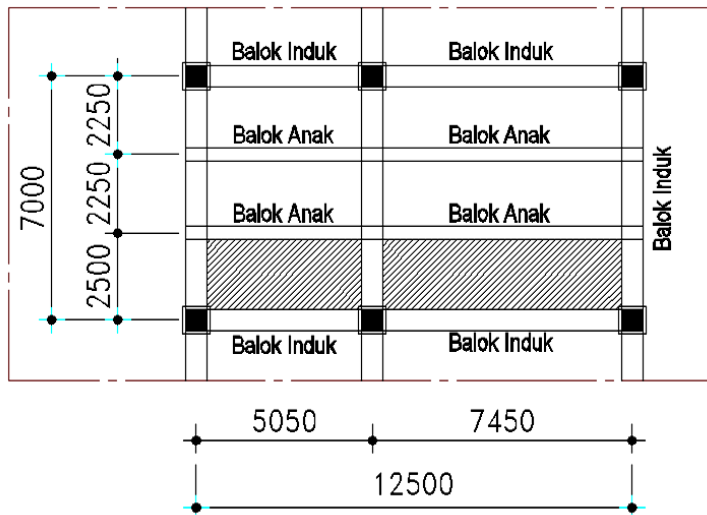
Untuk tulangan negatif pada pelat bondex digunakan tulangan wiremesh dari PT. UNION METAL. Dari tabel diperoleh data-data sebagai berikut :

- Tulangan Ø 8 dengan spasi 200 mm
- Jumlah luas penampang kawat menurut spasinya setiap arah, 2,51 cm²/m



Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap

4.1.2. Pelat Lantai 2 – Lantai 10



Gambar 4.3 Pelat Lantai 2 – Lantai 10

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai koridor hotel ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013.

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm, 2 x 21 = 42 kg/m²
 - Berat keramik 1 cm, 1 x 24 = 24 kg/m²
 - Berat plafon + penggantung 11 + 7 = 18 kg/m²
 - Berat *ducting* dan *plumbing* = 20 kg/m² +
- $$q_{Dtotal} = 104 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai Kamar Hotel 100 psf, $q_L = 488,20 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

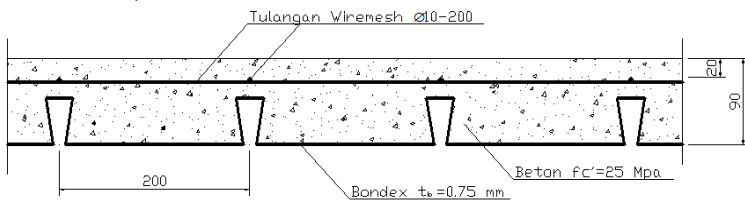
- $Q = q_D + q_L = 104 + 488,20 = 592,20 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$

Berdasarkan tabel perancangan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif tanpa penyangga didapatkan data-data sebagai berikut :

- Bentang 2,5 m
- Beban berguna = 600 kg/m^2
- Tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif $3,25 \text{ cm}^2/\text{m}$

Untuk tulangan negatif pada pelat bondex digunakan tulangan wiremesh dari PT. UNION METAL. Dari tabel diperoleh data-data sebagai berikut :

- Tulangan $\emptyset 10$ dengan spasi 200 mm
- Jumlah luas penampang kawat menurut spasinya setiap arah, $3,93 \text{ cm}^2/\text{m}$



Gambar 4.4 Penulangan Lantai 2 – Lantai 10

Tabel 4.1 Resume Hasil Perhitungan Pelat Lantai 2 – Atap

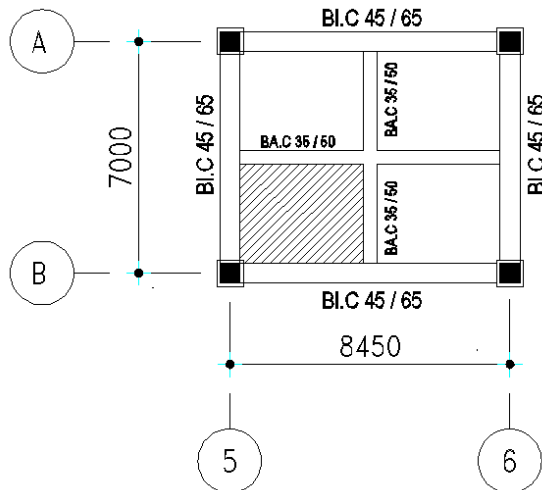
Perhitungan Pelat Lantai								
Lantai	L_{pelat} m	Tulangan Wiremesh					t_{pelat} mm	Tipe Pelat
		\emptyset mm	-	s mm	L_{kawat} cm^2	L_{wiremesh} cm/m		
Lt. Atap	2,30	8	-	200	0,503	2,51	90	A
	2,40	8	-	200	0,503	2,51	90	B
Lt.10 (SkyLounge) - Lt.2	2,30	10	-	200	0,785	3,93	90	C
	2,40	10	-	200	0,785	3,93	90	D
	2,25	10	-	200	0,785	3,93	90	E
	2,50	10	-	200	0,785	3,93	90	F

4.1.3. Pelat Lantai *Ground Floor*

a. *Preliminary Design Plat Lantai*

- Desain tebal plat lantai GF

Perhitungan plat lantai GF dengan dimensi seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Tinjauan Plat Lantai GF

$$L_y = 422.5 \text{ cm}$$

$$L_x = 350 \text{ cm}$$

$$L_n = 422.5 - \left(\frac{45}{2} + \frac{35}{2} \right) = 382.5 \text{ cm}$$

$$S_n = 350 - \left(\frac{45}{2} + \frac{35}{2} \right) = 310 \text{ cm}$$

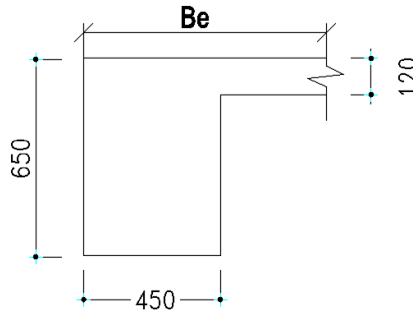
$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{382.5}{310} = 1,23 < 2 \text{ (Plat 2 arah)}$$

Direncanakan dengan tebal plat, $t = 12 \text{ cm}$

$$f'_c = 25 \text{ MPa} ; f_y = 240 \text{ MPa}$$

○ Balok Induk Melintang (Kiri)

Dimensi potongan balok seperti pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Balok Induk Melintang (Kiri)

Menentukan lebar efektif flens (pasal 13.2.4 SNI 2847-2013)

$$\rightarrow be = bw + 2hw < bw + 8hf$$

$$\blacksquare be = bw + 2hw = 45 + 2(65-12) = 151 \text{ cm}$$

$$\blacksquare be = bw + 8hf = 45 + 8(12) = 141 \text{ cm}$$

Diambil be terkecil = 141 cm.

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h} \right) + 4 \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{141}{45} - 1 \right) \left(\frac{12}{65} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{65} \right) + 4 \left(\frac{12}{65} \right)^2 + \left(\frac{141}{45} - 1 \right) \left(\frac{12}{65} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{141}{45} - 1 \right) \left(\frac{12}{65} \right)} = 1.58$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = 1.58 \frac{45 \times 65^3}{12} = 1624070.4 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

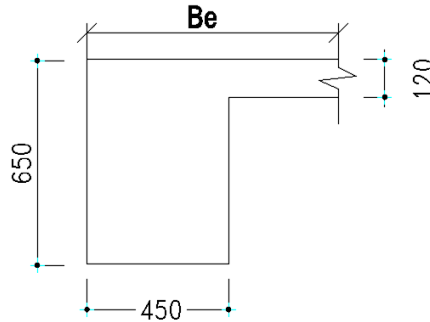
$$I_p = \frac{S_n \times h_f^3}{12} = \frac{382.5 \times 12^3}{12} = 55080 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekakuan Balok Terhadap Plat

$$\alpha_I = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1624070.4}{55080} = 29.50$$

○ Balok Induk Memanjang (Bawah)

Dimensi potongan balok seperti pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Balok Induk Memanjang (Bawah)

Menentukan lebar efektif flens (pasal 13.2.4 SNI 2847-2013)

$$\rightarrow be = bw + 2hw < bw + 8hf$$

$$\blacksquare be = bw + 2hw = 45 + 2(65-12) = 151 \text{ cm}$$

$$\blacksquare be = bw + 8hf = 45 + 8(12) = 141 \text{ cm}$$

Diambil be terkecil = 141 cm.

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h} \right) + 4 \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \left(\frac{12}{65}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{65}\right) + 4 \left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \left(\frac{12}{65}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right)} = 1.58$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = 1.58 \frac{45 \times 65^3}{12} = 1624070.4 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

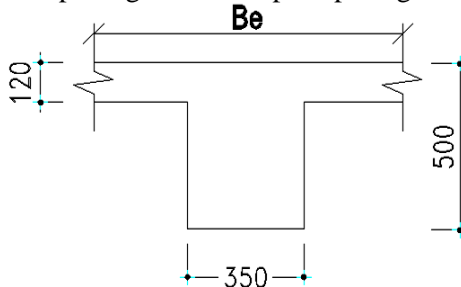
$$I_p = \frac{S_n \times h_f^3}{12} = \frac{310 \times 12^3}{12} = 44640 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekakuan Balok Terhadap Plat

$$\alpha_I = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1624070.4}{44640} = 36.38$$

○ Balok Anak Melintang (Kanan)

Dimensi potongan balok seperti pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Balok Anak Melintang (Kanan)

Menentukan lebar efektif flens (pasal 13.2.4 SNI 2847-2013)

$$\rightarrow be = bw + 2hw < bw + 8hf$$

$$\blacksquare be = bw + 2hw = 35 + 2(50 - 12) = 111 \text{ cm}$$

$$\blacksquare be = bw + 8hf = 35 + 8(12) = 131 \text{ cm}$$

Diambil be terkecil = 111 cm.

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right)} = 1.62$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = 1.62 \frac{35 \times 50^3}{12} = 591964.6 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

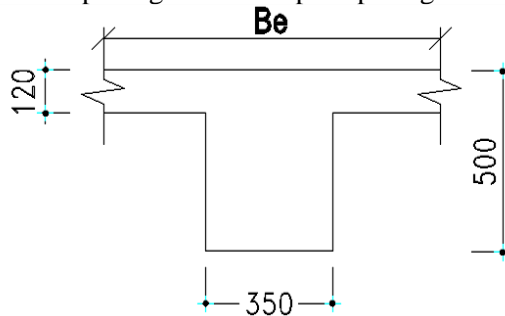
$$I_p = \frac{S_n \times h_f^3}{12} = \frac{382.5 \times 12^3}{12} = 55080 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekakuan Balok Terhadap Plat

$$\alpha_I = \frac{I_b}{I_p} = \frac{591964.6}{55080} = 10.747$$

○ Balok Anak Memanjang (Atas)

Dimensi potongan balok seperti pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Balok Anak Memanjang Atas

Menentukan lebar efektif flens (pasal 13.2.4 SNI 2847-2013)

$$\rightarrow be = bw + 2hw < bw + 8hf$$

$$\blacksquare be = bw + 2hw = 35 + 2(50 - 12) = 111 \text{ cm}$$

$$\blacksquare be = bw + 8hf = 35 + 8(12) = 131 \text{ cm}$$

Diambil be terkecil = 111 cm.

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right)} = 1.62$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = 1.62 \frac{35 \times 50^3}{12} = 591964.6 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = \frac{S_n \times h_f^3}{12} = \frac{310 \times 12^3}{12} = 44640 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekakuan Balok Terhadap Plat

$$\alpha_I = \frac{I_b}{I_p} = \frac{591964.6}{44640} = 13.26$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai α_m sebagai berikut :

$$\alpha_{fm} = \frac{1}{n}(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n)$$

$$\alpha_{fm} = \frac{1}{4} (29.50 + 36.38 + 10.75 + 13.261) = 22.47$$

Karena $\alpha_{fm} > 2$ dipakai persamaan (3.8), SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

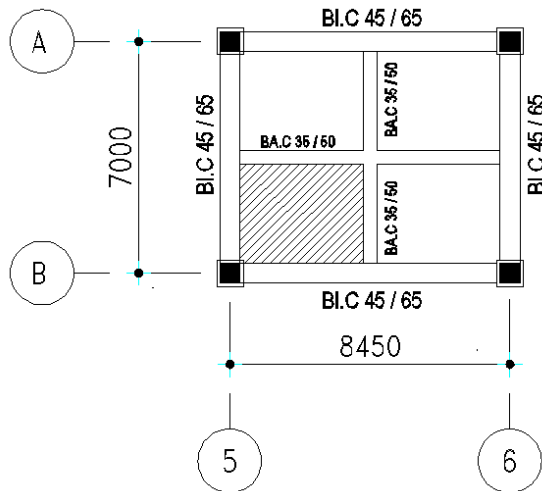
$$h = \frac{3825 + (0.8 + \frac{240}{1400})}{36 + 9 \times 1.23} = 78.88 \approx 120 \text{ mm}$$

- ➔ karena nilai h lebih kecil dari 90 mm, maka digunakan tebal plat lantai GF tipe A adalah 120 mm.
- ➔ dengan cara yang sama didapatkan resume ketebalan plat dari masing – masing tipe plat seperti pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Resume Ketebalan Plat Lantai GF

Tipe	Lantai	Dimensi (cm)		Tebal (cm)	Ket.
		Ly	Lx		
A	GF	350	252.5	12	2 arah
A	GF	372.5	350	12	2 arah
A	GF	350	325	12	2 arah
A	GF	392.5	350	12	2 arah
A	GF	422.5	350	12	2 arah

b. Penulangan Plat Lantai GF



Gambar 4.10 Pelat Lantai GF

• Data Perencanaan :

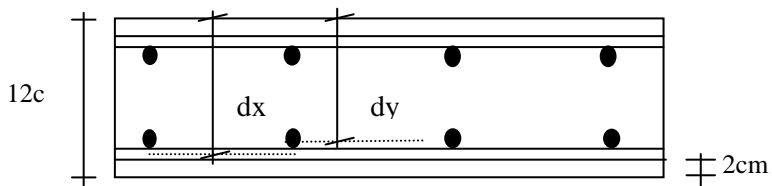
Tebal pelat = 120 mm

Selimut beton = 20 mm

 $F_c' = 30 \text{ Mpa}$ $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Diameter tulangan utama = 12 mm

Diameter tulangan susut = 12 mm

 $L_y = 4225 - (450 + 350)/2 = 3825 \text{ mm}$ $L_x = 3500 - (450 + 350)/2 = 3100 \text{ cm}$ 

Gambar 4.11 Detail Ketebalan Plat

- Pembebanan pada Plat

Beban Mati :

- Berat sendiri plat, 0.12×2400	$= 288 \text{ kg/m}^2$
- Berat spesi 2 cm, 2×21	$= 42 \text{ kg/m}^2$
- Berat keramik 1 cm, 1×24	$= 24 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon + penggantung $11 + 7$	$= 18 \text{ kg/m}^2$
- Berat <i>ducting</i> dan <i>plumbing</i>	$= 20 \text{ kg/m}^2$
$q_{D\text{total}}$	$= 392 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai Publik 100 psf, $q_L = 488.20 \text{ kg/m}^2$

Kombinasi beban plat basement

$$q_u = 1.2 q_D + 1.6 q_L$$

$$= 1.2 \times 392 + 1.6 \times 488.20 = 1251.52 \text{ kg/m}^2$$

Momen pada plat (PBBI 1971, Tabel 13.3.1)

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3.825}{3.1} = 1.22$$

$$M_{lx} = 0.001 \times q_u \times L_x^2 \times X$$

$$= 0.001 \times 1251.52 \times 6.60^2 \times 31 = 372.84 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$= 0.001 \times 1251.52 \times 6.60^2 \times 19 = 228.52 \text{ kg.m}$$

$$M_{tx} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$= 0.001 \times 1251.52 \times 6.60^2 \times 69 = 829.87 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$= 0.001 \times 1251.52 \times 6.60^2 \times 57 = 685.55 \text{ kg.m}$$

- Menentukan Rasio Tulangan

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f_c' - 28)}{7}$$

$$= 0.85 - 0.05 (30 - 28) / 7 = 0.836$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.0320 \\ \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,0320 = 0.0240 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15.686\end{aligned}$$

- Penulangan Arah X

$$M_{\text{tx}} = 829.87 \text{ kg.m} = 8138539 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}d_x &= t - \text{selimut beton} - 0.5 \varnothing \text{ tulangan} \\ &= 120 - 20 - (1/2 \times 12) \\ &= 94 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{8138539}{0.9 \times 1000 \times 94} = 1.023 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1.023}{400}} \right] \\ &= 0.00261\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0035 > \rho_{\text{perlu}} = 0.00261 < \rho_{\text{maks}} = 0.0240$$

maka digunakan $\rho_{\text{pakai}} = 0.0035$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0035 \times 1000 \times 94 = 329 \text{ mm}^2 \\ \text{Digunakan tulangan } \varnothing 12 - 250 \text{ (As} &= 452.16 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol Mn dengan Mu ($\phi M_n \geq M_u$)

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{452,16 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 7.093 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \left(94 - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0.9 \times 452.16 \times 400 \left(94 - \frac{7.09}{2} \right) \\
 &= 14723828 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc}
 \phi M_n & > & M_u \\
 14723828 \text{ Nmm} & > & 8138539 \text{ Nmm}
 \end{array}
 \quad \dots \text{OK!}$$

Untuk tulangan susut:

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 84 = 151.20 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipakai tulangan bagi } \phi 8 - 250 & (\text{As} = 200.96 \text{ mm}^2)
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{array}{ccc}
 S_{max} & \leq & 2t_p \\
 250 & \leq & 2 \times 120 = 340
 \end{array}
 \quad \dots \text{OK!}$$

Kontrol Regangan

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{452.16 \cdot 400}{0.85 \cdot 30 \cdot 1000} = 7.093 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 (30 - 28) / 7 = 0.836
 \end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7.093}{0.836} = 8.487$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} 0.003$$

$$\epsilon_t = \frac{94 - 8.487}{8.487} 0.003$$

$$= 0.030 > 0.003 \quad (\text{Memenuhi } \phi = 0.90)$$

- Penulangan Arah Y

$$M_{ty} = 685.55 \text{ kg.m} = 6723141 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} d_y &= t - \text{selimut beton} - 0.5 \varnothing \text{ tulangan} - \varnothing \text{ tulangan} \\ &= 120 - 40 - 12 - (1/2 \times 12) \\ &= 82 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{6723141}{0.9 \times 1000 \times 82} = 1.111 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1.111}{400}} \right] \\ &= 0.00284 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0.0035 > \rho_{\text{perlu}} = 0.00284 < \rho_{\max} = 0.0240$$

maka digunakan $\rho_{\text{pakai}} = 0.0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0035 \times 1000 \times 94 = 329 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\varnothing 12 - 250$ (As = 452.16 mm²)

Kontrol Mn dengan Mu ($\varnothing M_n \geq M_u$)

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{452,16 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 7.093 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \varnothing M_n &= \varnothing As \cdot f_y \left(94 - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0.9 \times 452.16 \times 400 \left(94 - \frac{7.09}{2} \right) \\ &= 14723828 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} \varnothing M_n & > & M_u \\ 14723828 \text{ Nmm} & > & 8138539 \text{ Nmm} \end{array} \quad \dots \text{OK!}$$

Untuk tulangan susut:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 84 = 151.20 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan bagi Ø8 – 250 (As = 200.96 mm²)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned} S_{max} &\leq 2t_p \\ 250 &\leq 2 \times 120 = 340 \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Kontrol Regangan

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{452,16 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 7.093 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 (30 - 28)/7 = 0.836 \end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7.093}{0.836} = 8.487$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{94 - 8.487}{8.487} 0,003$$

$$= 0.030 > 0.003 \quad (\text{Memenuhi } \phi=0,90)$$

Keterangan :

- Harga β_1 (Pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013)
- Ø (Lentur) = 0.9 (Pasal 9.3.2.1 SNI 2847:2013)
- Harga ρ (Tulangan susut) (Pasal 7.12.2.1 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Perhitungan Lentur (Pasal 21.5 SNI 2847:2013)
- Kontrol Regangan (Pasal 9.3.2 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Ketebalan minimum (Pasal 14.5.3 SNI 2847:2013)

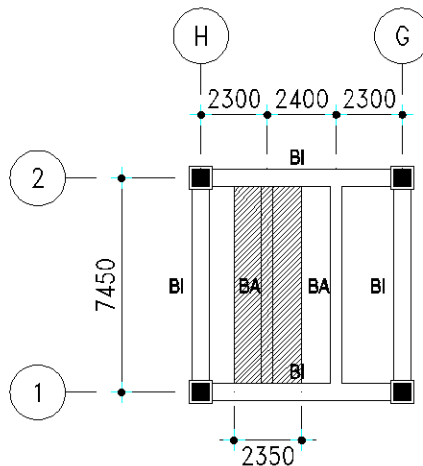
4.2. Perencanaan Balok Anak

Fungsi dari balok anak adalah meneruskan serta membagi beban yang dipikul pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga dalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

4.2.1. Balok Anak Lantai Atap

Balok anak yang terletak pada lantai atap direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 294 mm	i_x	= 12,49 cm
bf	= 200 mm	i_y	= 4,70 cm
tf	= 12 mm	Z_x	= 823 cm ³
tw	= 8 mm	Z_y	= 244 cm ³
A	= 72,38 cm ²	S_x	= 769 cm ³
q	= 56,82 kg/m	S_y	= 160 cm ³
I_x	= 11300 cm ⁴	r	= 18 cm
I_y	= 1600 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ41)		= 234 mm



Gambar 4.12 Denah Balok Anak Lantai Atap

a. Pembebanan pada balok anak lantai atap

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm, 2 x 21	= 42 kg/m ²
- Berat aspal 2 cm, 2 x 14	= 28 kg/m ²
- Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18 kg/m ²
- Berat ducting dan plumbing	= 20 kg/m ²
- Berat Bondek	= 10,1 kg/m ²
- Berat Beton 0,09 x 2400 kg/m ³	= 216 kg/m ² +
q_{D1}	= 334,1 kg/m ²

$q_{D1} \text{ 334,1 x 2,35}$	= 785,14 kg/m
- Berat Profil	= 56,82 kg/m +
q_{Dtotal}	= 841,96 kg/m

- Beban hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

Lantai Atap 20 psf = 97,64 kg/m²

$$q_L = 2,35 \text{ m} \times 97,64 \text{ kg/m}^2 = 229,45 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 841,96 + 1,6 \cdot 229,45 = 1377,47 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen:

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 1377,47 \cdot 7,45^2 \\ &= 9556,65 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

- Gaya Geser:

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 1377,47 \cdot 7,45 \\ &= 5131,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 12} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} = 8,33 < \lambda_{pf} = 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{234}{8} = 29,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{bf}{2tf} = 29,25 < \lambda_{pf} = 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 823 = 2057500 \text{ kgcm} \\ &= 20575 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 20575 \\ &= 18518 \text{ kgm} > 9556,65 \text{ kgm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Jarak Penahan Lateral } (L_b) = 60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \cdot 4,70 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 233,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_b = 60 \text{ cm} \leq L_p = 233,97 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 823 = 2057500 \text{ kgcm} \\ &= 20575 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 20575$$

$$= 18518 \text{ kgm} > 9556,65 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

Keterangan :

- Pelat Sayap dan Badan (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)
- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Bentang Pendek (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h}{tw} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1,0$$

$$\frac{h}{tw} = \frac{234}{8} = 29,25 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{tw} = 26,25 \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Kondisi geser plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ \phi V_n &= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 29,4 \cdot 0,8 \cdot 1 \\ \phi V_n &= 31752 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_u = 5131,08 \text{ kg} \leq \phi V_n = 31752 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

e. Kontrol lendutan

$$L = 745 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \\ &= \frac{5 \cdot (846,66 + 229,45) \cdot 10^{-2} \cdot 745^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 11300} \\ &= 1,91 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bullet \quad f &= \frac{L}{\frac{360}{745}} \text{ (Balok biasa)} \\ &= \frac{745}{360} \\ &= 2,07 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$f_{\text{maks}} = 1,91 \text{ cm} < f = 2,07 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

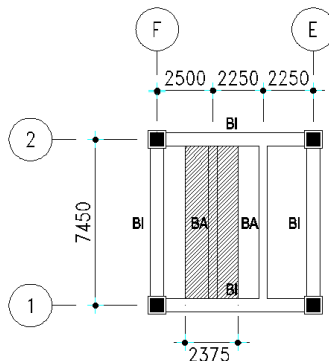
Keterangan :

- Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3, Tabel 6.4.1 SNI 1729: 2002)

4.2.2. Balok Anak Lantai 2 – Lantai 10

Balok anak yang terletak pada lantai 2 sampai dengan lantai 10 direncanakan menggunakan profil WF 400x200x8x13 , dengan data- data sebagai berikut:

d	= 400 mm	ix	= 16,79 cm
bf	= 200 mm	iy	= 4,55 cm
tf	= 13 mm	Zx	= 1286 cm ³
tw	= 8 mm	Zy	= 266 cm ³
A	= 84,12 cm ²	Sx	= 1185 cm ³
q	= 66,03 kg/m	Sy	= 174cm ³
Ix	= 23700 cm ⁴	r	= 16 cm
Iy	= 1740 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ41)		= 342 mm



Gambar 4.13 Denah Balok Anak Lantai 2 – Lantai 10

a. Pembebanan pada balok anak lantai atap

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm, 2 x 21	= 42 kg/m ²
- Berat kerami 1 cm, 1 x 24	= 24 kg/m ²
- Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18 kg/m ²
- Berat ducting dan plumbing	= 20 kg/m ²
- Berat Bondek	= 10,1 kg/m ²
- Berat Beton 0,09 x 2400 kg/m ³	= 216 kg/m ² +
<u>q_{D1}</u>	<u>= 330,1 kg/m²</u>

$$\begin{array}{rcl}
 q_{D1} & 330,1 \times 2,375 & = 783,99 \text{ kg/m} \\
 - \text{ Berat Profil} & & = 66,03 \text{ kg/m} \\
 \hline
 q_{Dtotal} & & = 850,02 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

- Beban hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)
Lantai Koridor 100 psf = 488,20 kg/m²
 $q_L = 2,375 \text{ m} \times 488,20 \text{ kg/m}^2 = 1159,48 \text{ kg/m}$
- Beban berfaktor :
 $q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$
 $= 1,2 \cdot 850,02 + 1,6 \cdot 1159,48 = 2875,18 \text{ kg/m}$

b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen:
 $M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2875,18 \cdot 7,45^2$
 $= 19947,47 \text{ kg} \cdot \text{m}$
- Gaya Geser:
 $V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 2875,18 \cdot 7,45$
 $= 10710,05 \text{ kg}$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7,69$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 7,69 < \lambda_{pf} = 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 42,75 < \lambda_{pf} = 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1286 = 3215000 \text{ kgcm}$
 $= 32150 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 32150$
 $= 28935 \text{ kgm} > 19947,47 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$

• Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar shear connector pada brosur perencanaan bondek yaitu 60 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

Jarak Penahan Lateral (L_b) = 60 cm

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 4,55 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 226,50 \text{ cm}$$

$L_b = 60 \text{ cm} \leq L_p = 226,50 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1286 = 3215000 \text{ kgcm}$
 $= 32150 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 32150$
 $= 28935 \text{ kgm} > 19947,47 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$

Keterangan :

- Pelat Sayap dan Badan	(Tabel B4.1 SNI 1729:2015)
- Penampang Kompak	(Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Bentang Pendek	(Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain	(Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$	(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1,0$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 42,75 \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Kondisi geser plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 40 \cdot 0,8 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 43200 \text{ kg}$$

$$V_u = 10710,05 \text{ kg} \leq \phi V_n = 43200 \text{ kg} \quad \dots \text{OK!}$$

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

e. Kontrol lendutan

$$L = 745 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \\ &= \frac{5 \cdot (850,02 + 1159,48) \cdot 10^{-2} \cdot 745^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 23700} \\ &= 1,70 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f &= \frac{L}{360} \text{ (Balok biasa)} \\ &= \frac{745}{360} \\ &= 2,07 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_{\text{maks}} = 1,70 \text{ cm} < f = 2,07 \text{ cm} \quad \dots \text{ OK !}$$

Keterangan :

- Kontrol Lendutan

(Pasal 6.4.3 SNI 1729: 2002)

Tabel 4.3 Resume Hasil Perhitungan Balok Anak Lt.2 - Atap

Lantai	Panjang m	Tipe	Profil WF d.b.tw.tf				
			d	b	tw	tf	q
			mm	mm	mm	mm	Kg/m
Lantai Atap	5,05	BA.S-1	300	200	8	12	56,82
	7,45	BA.S-1	300	200	8	12	56,82
Lantai 2 ~ Lantai 10	5,05	BA.S-2	400	200	8	13	66,03
	7,00	BA.S-2	400	200	8	13	66,03
	7,45	BA.S-2	400	200	8	13	66,03
	6,50	BA.S-2	400	200	8	13	66,03
	7,85	BA.S-3	450	200	9	14	75,96
	8,45	BA.S-3	450	200	9	14	75,96

4.2.3. Balok Anak Lantai *Ground Floor*

Balok anak yang terletak pada lantai ground floor atau lantai 1 direncanakan menggunakan beton bertulang dengan kuat leleh (f_y) 400 Mpa dan mutu beton (f_c') = 30 Mpa

a. *Preliminary Design* Balok Anak

Tinggi minimum balok anak direncanakan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Ps. 9.5.2 (Tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung). Untuk f_y selain 420 MPa nilainya harus dikalikan dengan $(0.4 + \frac{f_y}{700})$.

$$h_{\min} = \frac{L}{21} \times (0.4 + \frac{f_y}{700})$$

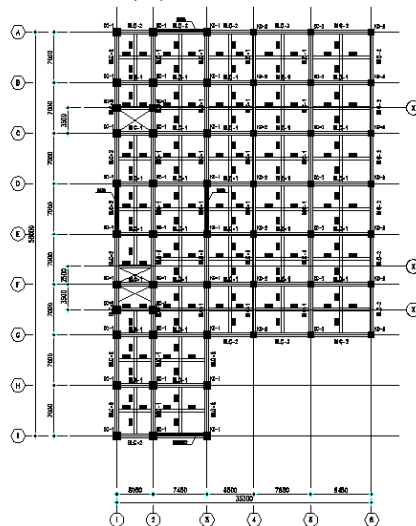
$$b = \frac{2}{3} \cdot h$$

Dimana :

L = panjang balok (m)

h = tinggi balok (m)

b = lebar balok (m)



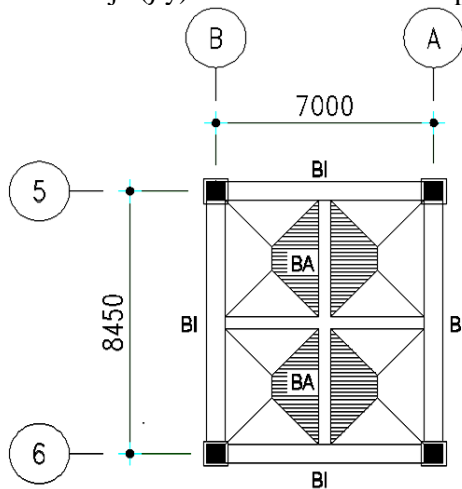
Gambar 4.14 Denah Lantai GF

Tabel 4.4 Resume Preliminary Desain Balok Anak

Lantai	L	H			B			Tipe	Dimensi	
		(min)			(min)				B	H
	m	mm			mm				mm	mm
Lantai GF	5,05	233,61	»	300	155,74	»	200	BA.C	350	500
	7,45	344,63	»	400	266,67	»	300	BA.C	350	500
	6,5	300,68	»	400	266,67	»	300	BA.C	350	500
	7,85	363,13	»	500	333,33	»	350	BA.C	350	500
	8,45	390,88	»	500	333,33	»	350	BA.C	350	500

b. Data Balok Anak Lantai *Ground Floor*

- Dimensi Balok Anak (b/h) = 350 mm / 500 mm
- Bentang Balok = 8450 mm
- Mutu Beton ($f'c$) = 30 Mpa
- Selimut Beton = 40 mm
- Diameter Tul. Utama (D) = 16 mm
 - Mutu baja (f_y) = 400 Mpa
- Diameter Tul. Senggang (\emptyset) = 10 mm
 - Mutu baja (f_y) = 240 Mpa



Gambar 4.15 Denah Balok Anak Lantai GF

Terdapat empat struktur plat lantai yang membebani balok anak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8. Distribusi beban pada plat lantai bertipe tributary untuk mendapatkan beban merata digunakan perumusan q_{ekv} .

$$q_{ekv} \text{ untuk satu trapesium} : \frac{1}{2} q l_x \left(1 - \frac{l_x^2}{3 l_y^2} \right)$$

c. Pembebanan pada balok anak lantai GF

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm, 2 x 21	= 42	kg/m ²
- Berat keramik 1 cm, 1 x 24	= 24	kg/m ²
- Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m ²
- Berat ducting dan plumbing	= 20	kg/m ²
- Berat Pelat, 0.12 x 2400 kg/m ³	= 288	kg/m ² +
	<u>q_{D1}</u>	<u>= 392</u> kg/m ²

$$\begin{aligned} q_{eq} &= 4 \times \frac{1}{2} q L_x \left(1 - \frac{1 \cdot l_x^2}{3 \cdot l_y^2} \right) \\ &= 4 \times \frac{1}{2} 392 \cdot 3,5 \left(1 - \frac{1 \cdot 3,5^2}{3 \cdot 4,225^2} \right) \\ &= 1829,33 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban Hidup :

Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.7 komponen struktur yang memiliki nilai $K_{LL} A_T \geq 37,16 \text{ m}^2$ diijinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi.

$$\begin{aligned} A_T &= 3,5 \times 4,225 \\ &= 14,79 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$K_{LL} = 2 \quad (\text{Tabel 4.2 SNI 1727:2013})$$

$$\begin{aligned} K_{LL} A_T &= 14,79 \times 2 \\ &= 29,58 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka, $29,58 \text{ m}^2 < 37,16 \text{ m}^2$ (tidak boleh direduksi)

Beban Hidup (L_0) $1,92 \text{ kN/m}^2 = 195,28 \text{ kg/m}^2$
(Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right) \geq 0,4 L_0$$

$$L = 195,28 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{29,58}} \right) \geq 0,4 \times 195,28$$

$$L = 212,92 \text{ kg/m}^2 \geq 78,11 \text{ kg/m}^2$$

Maka, beban hidup lantai GF adalah $212,92 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} q_{eq} &= 4 \times \frac{1}{2} q L_x \left(1 - \frac{1 \cdot L_x^2}{3 \cdot L_y^2} \right) \\ &= 4 \times \frac{1}{2} 212,92 \cdot 3,5 \left(1 - \frac{1 \cdot 3,5^2}{3 \cdot 4,225^2} \right) \\ &= 1054,27 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Kombinasi pembebanan :

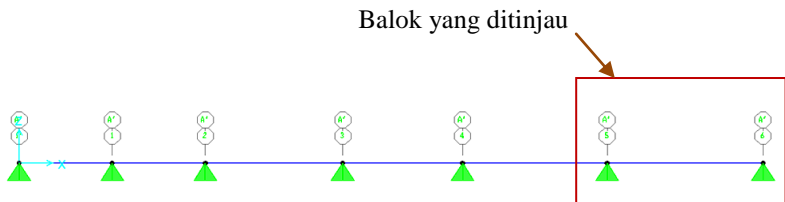
$$qu = 1,4 D_L = 1,4 \times 1829,33 = 2561,07 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} qu &= 1,2 D_L + 1,6 L_L \\ &= 1,2 \times 1829,33 + 1,6 \times 1054,27 = 3882,03 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

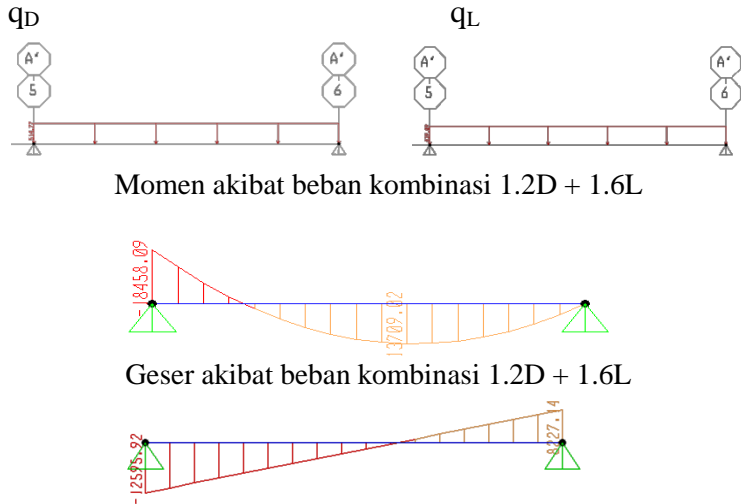
Maka, digunakan qu terbesar $3882,03 \text{ kg/m}$

d. Analisa Gaya Dalam Balok Anak Lantai GF

Analisa gaya dalam balok anak lantai GF menggunakan program SAP 2000 yang mana membentuk suatu grid balok seperti yang diperlihatkan dalam gambar 4.9



Gambar 4.16 Permodelan balok anak lantai GF



Gambar 4.17 Permodelan balok anak lantai GF yang ditinjau

Berikut gaya-gaya dalam yang bekerja pada balok anak lantai GF

Balok anak BA.B (35/50)

➤ Momen

$$Mu_{\text{tump}} = 20277,38 \text{ kgm}$$

$$Mu_{\text{lap}} = 13709,02 \text{ kgm}$$

➤ Gaya Geser

$$Vu_{\text{tump}} = 16260,75 \text{ kg}$$

$$Vu_{\text{lap}} = 8227,14 \text{ kg}$$

e. Desain Tulangan Lentur Balok Anak BA.B-1

Tinggi Manfaat Rencana :

- $d = h - \text{decking} - \text{Sengkang} - (\frac{1}{2} \phi_{\text{lentur}})$
 $= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 16 \text{ mm})$
 $= 442 \text{ mm}$

- $d' = \text{decking} + \text{Sengkang} + (\frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}})$
 $= 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \times 16 \text{ mm}) = 58 \text{ mm}$

Menentukan harga

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7}$$

$$= 0.85 - 0.05 (30 - 28) / 7 = 0.836$$

Rasio Tulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0320$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,0320 = 0,0240$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

• Perhitungan Daerah Lapangan

$$Mu = 13709,02 \text{ kgm} = 134\,444\,359 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{134\,444\,359}{0,90} = 149\,382\,621 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{149\,382\,621}{350 \times 442^2} = 2,185$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 2,185}{400}} \right) = 0,00572$$

$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,00572$,maka ;

$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,00572$

$A_{s_{\text{tarik}}} = \rho \times b \times d = 0,00572 \times 350 \times 442 = 884,597 \text{ mm}^2$

Tulangan yang dibutuhkan (n) = $\frac{884,597}{0,25 \times \pi \times 16^2} = 4,4$

Dipasang tulangan **5 D 16 mm** ($A_{s_{\text{pasang}}} = 1005,31 \text{ mm}^2$)

$A_{s_{\text{tekan}}} = 0,5 \times A_{s_{\text{tarik}}} = 0,5 \times 884,596 \text{ mm}^2 = 442,298 \text{ mm}^2$

Dipasang tulangan **3 D 16 mm** ($A_{s_{\text{pasang}}} = 603,19 \text{ mm}^2$)

Kontrol jarak tulangan ;

$$S = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{sengkang}}) - (n \times D_{\text{tul.lentur}})}{n - 1}$$

$$S = \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (5 \times 16 \text{ mm})}{5 - 1}$$

$$S = 42,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots \text{Jarak tulangan memenuhi.}$$

Kontrol kemampuan tulangan akibat terpasang tulangan tunggal (akibat tulangan tarik) :

$$a = \frac{A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times bw} = \frac{1005,31 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} = 45,056 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 1005,31 \times 400 \times \left(442 - \frac{45,056}{2} \right)$$

$$M_n = 168\,679\,721 \text{ Nmm}$$

Jadi $M_n_{\text{kapasitas}} \geq M_n_{\text{yang terjadi}}$

$168\,679\,721 \text{ Nmm} > 149\,382\,621 \text{ Nmm} \dots \dots \text{Memenuhi.}$

Keterangan :

- Harga β_1 (Pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013)
- ϕ (Lentur) = 0.9 (Pasal 9.3.2.1 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Perhitungan Lentur (Pasal 21.5 SNI 2847:2013)

- Perhitungan Daerah Tumpuan.

$$Mu = 20277,38 \text{ kgm} = 198\,860\,266 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{198\,860\,266}{0,90} = 220\,955\,851 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{220955851}{350 \times 442^2} = 3,231$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 3,321}{400}} \right) = 0,00572 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,00572, \text{ maka ;}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,00572$$

$$As_{\text{tarik}} = \rho \times b \times d = 0,00572 \times 350 \times 442 = 884,597 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan yang dibutuhkan } (n) = \frac{884,597}{0,25 \times \pi \times 16^2} = 4,4$$

$$\text{Dipasang tulangan } \mathbf{7 \text{ D } 16 \text{ mm}} \text{ (} As_{\text{pasang}} = 1407,43 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$As_{\text{tekan}} = 0,5 \times As_{\text{tarik}} = 0,5 \times 884,596 \text{ mm}^2 = 442,298 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang tulangan } \mathbf{4 \text{ D } 16 \text{ mm}} \text{ (} As_{\text{pasang}} = 804,25 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Kontrol jarak tulangan ;

$$S = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{sengkang}}) - (n \times D_{\text{tul.lentur}})}{n - 1}$$

$$S = \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (5 \times 16 \text{ mm})}{5 - 1}$$

$$S = 42,5 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \dots \text{ Jarak tulangan memenuhi.}$$

Kontrol kemampuan tulangan akibat terpasang tulangan tunggal (akibat tulangan tarik) :

$$a = \frac{As_{\text{pasang}} \times fy}{0,85 \times fc' \times bw} = \frac{1407,43 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} = 63,078 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 1407,43 \times 400 \times \left(442 - \frac{63,078}{2} \right)$$

$$M_n = 231\,078\,555 \text{ Nmm}$$

Jadi M_n kapasitas \geq M_n yang terjadi
 $231\,078\,555 \text{ Nmm} > 201\,131\,654 \text{ Nmm} \dots\dots \text{Memenuhi.}$

Keterangan :

- Harga β_1 (Pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013)
- ϕ (Lentur) = 0.9 (Pasal 9.3.2.1 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Perhitungan Lentur (Pasal 21.5 SNI 2847:2013)

f. Desain Tulangan Geser Balok Anak BA.B-1

Perhitungan geser balok dapat dihitung dengan rumus yang terdapat dalam SNI 2847:2013 pasal 11.4.7. dan harus mengikuti yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2.

Direncanakan Tulangan geser 2 kaki ϕ 10 ($A_s = 157,1 \text{ mm}^2$)

• Perhitungan Daerah Tumpuan

$$V_{u \text{ Tump}} = 16\,260,75 \text{ kg} = 159\,469,18 \text{ N}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \right)$$

Data penampang yang di cek

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 0,17 \times \sqrt{30} \times 350 \times 442 = 144\,045,56 \text{ N}$$

$$\frac{2}{3} \sqrt{f'_c} x b_w x d = \frac{2}{3} \sqrt{30} x 350 x 442 = 564\,884,53 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} x b_w x d) &= 0,75 x (144\,045,56 + 564\,884,53) \\ &= 425\,358,05 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } V_u \leq \phi(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} x b_w x d)$$

$$159\,469,18 \text{ N} < 425\,358,05 \text{ N} \dots\dots \text{Memenuhi}$$

Sumbangan kekuatan geser beton :

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 0,17 \times \sqrt{30} \times 350 \times 442 = 144\,045,56\,N$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 144\,045,56\,N = 108\,034,17\,N$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 86\,427,33\,N = 54\,017,08\,N$$

$$V_{s\,min} = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 350 \times 442 = 51\,566,67\,N$$

$$\phi (V_c + V_{s\,min}) = 0,75 \times (144\,045,56 + 51\,566,67) = 146\,709,17\,N$$

$$\begin{aligned} & \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f'_c} \right) \\ &= 0,75 \left(144\,045,56 + \frac{1}{3} \times 350 \times 442 \times \sqrt{30} \right) = 319\,865,87\,N \end{aligned}$$

Cek Kondisi Perencanaan geser

(SNI 2847-2013 Psl 11.1.1 dan Psl 11.4.7)

1. $V_u \leq 0,5 \phi V_c$
 $159\,469,18\,N > 54\,017,08\,N$ *Tidak Memenuhi*
2. $0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$
 $54\,017,08\,N < 159\,469,18\,N > 108\,034,17\,N$ *Tidak Memenuhi*
3. $\phi V_c \leq V_u \leq (\phi V_c + \phi V_{s\,min})$
 $108\,034,17\,N < 159\,469,18\,N > 146\,709,17\,N$*Tidak Memenuhi*
4. $\phi (V_c + V_{s\,min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} . b_w . d)$
 $146\,709,17\,N > 159\,469,18\,N < 319\,865,87\,N$ *Memenuhi*

Jadi termasuk kategori 4 → diperlukan tulangan geser

$$\begin{aligned} \phi V_s \text{ perlu} &= V_u - \phi V_c \\ &= 159\,469,18\,N - 108\,034,17\,N = 51\,435,01\,N \end{aligned}$$

$$V_s \text{ perlu} = \left(\frac{51\,435,01}{0,75} \right) = 68\,580,01\,N$$

Dipasang sengkang 2 kaki,

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157,08\,mm^2$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 240 \times 442}{68580,01} = 242,972 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat } S \text{ maks} \leq d/2 = 442 / 2 = 221 \text{ mm dan} \\ S_{\text{maks}} < 600 \text{ mm}$$

Bila dipasang sengkang **Ø10-150 mm**, maka luas penampang:

Gaya Geser Perlawanan Sengkang

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{157,08 \times 240 \times 442}{150} = 111086,72 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 111086,72 \text{ N} = 83\,315,04 \text{ N}$$

$$\phi V_s + \phi V_c = 83\,315,04 \text{ N} + 108034,17 \text{ N}$$

$$= 191349,2 \text{ N} > V_u = 159469,18 \text{ N} \dots \text{OK}$$

Dipasang sengkang daerah tumpuan **Ø10 – 150 mm** sepanjang $2h = 2 \times 500 = 1000 \text{ mm}$ dari muka balok, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka balok.

• Perhitungan Daerah Lapangan

$$V_{u \text{ Lap}} = 8227,14 \text{ kg} = 80\,683,56 \text{ N}$$

$$\text{Karena } V_u = 80\,683,56 \text{ N} < \phi V_c = 108034,17 \text{ N}$$

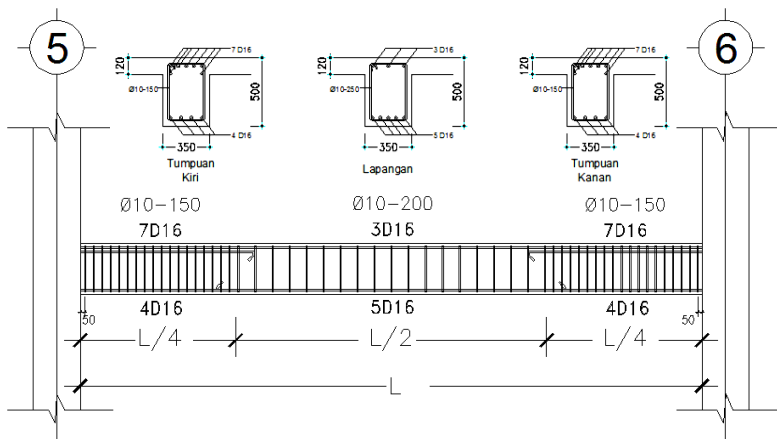
menurut Pasal 11.11.1 SNI 2847-2013 diberi tulangan geser minimum atau praktis

$$s < d/2 = 442/2 = 221 \text{ mm}$$

Dipakai **2 Ø10 – 200**

Keterangan :

- ϕ (Geser) = 0.75 (Pasal 9.3.2.3 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Tulangan Geser (Pasal 11.1.1 dan Pasal 11.4.7 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Jarak Tulangan Geser (Pasal 11.4.5.1 SNI 2847:2013)

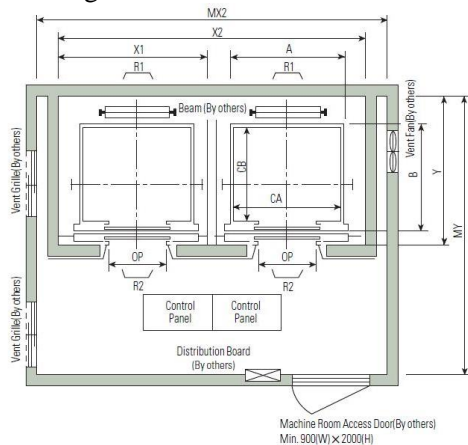


Gambar 4.18 Penampang Balok Anak Lantai GF

4.3. Perencanaan Balok *Lift*

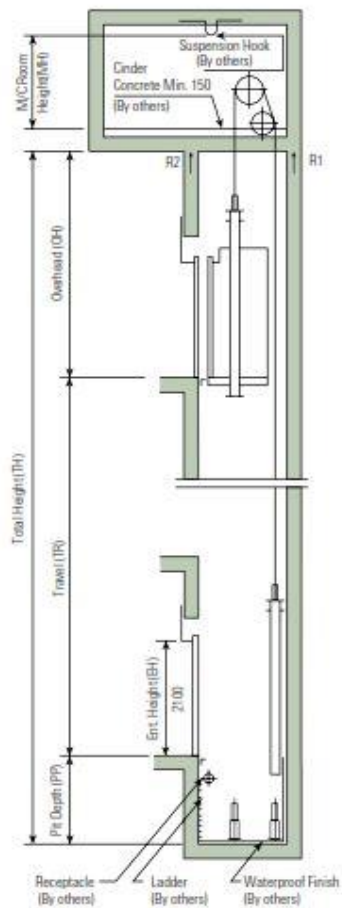
Pada perencanaan balok *lift* ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung *lift*. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur *lift*) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 15 Orang / 1000 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 2 Car : 4200 x 2130 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*)
 - Internal : 1600 x 1500 mm²
 - Eksternal : 1660 x 1650 mm²
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4400 x 3850 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
 - $R_1 = 5450 \text{ kg}$
 - $R_2 = 4300 \text{ kg}$



Gambar 4.19 Denah *Lift*

Section of Hoistway



Gambar 4.20 Potongan Melintang *Lift*

Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (m/min)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)	
				Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth		
	Persons	kg	OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY	R1	R2
60	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250
	9	600	800	1400 × 1130	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450
	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800
90	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300
105	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800		
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000		
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800
				2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200		

Notes : 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
 2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
 3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
 4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81-75kg/person)
 5. Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X1 dimension plus 100mm.

Gambar 4.21 Tabel Spesifikasi *Lift*

4.3.1. Balok Penumpu *Lift*

Balok penumpu *lift* direncanakan menggunakan profil WF WF 300 × 200 × 8 × 12 (BJ 41) dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W &= 56,82 \text{ kg/m} & r &= 18 \text{ mm} & h_w &= d-2(t_f+r) \\
 A &= 72.38 \text{ cm}^2 & Z_x &= 823 \text{ cm}^3 & &= 234 \text{ mm} \\
 t_w &= 8 \text{ mm} & i_y &= 4,70 \text{ cm} & b_f &= 200 \text{ mm} \\
 t_f &= 12 \text{ mm} & I_x &= 11300 \text{ cm}^4 & & \\
 d &= 294 \text{ mm} & I_y &= 1600 \text{ cm}^4 & &
 \end{aligned}$$

- a. Pembebanan pada balok penumpu lift
 - Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat profil balok penggantung lift} &= 56,82 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sambungan, dll(10\%)} &= \underline{5,68 \text{ kg/m}} + \\
 q_D &= 62,50 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban merata ultimate

$$\begin{aligned} q_U &= 1,4 q_D \\ &= 1,4 (62,50) = 87,50 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

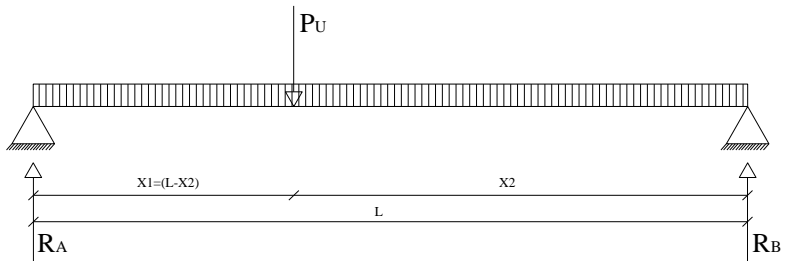
- Beban terpusat lift

Pada pasal 4.6 Impact Load SNI 1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-*driven*, Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

$$R_A = R_1 \cdot KLL = 5450 \times (1 + 50\%) = 8175 \text{ kg}$$

$$R_B = R_2 \cdot KLL = 4300 \times (1 + 50\%) = 6450 \text{ kg}$$

- b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu *lift*



Gambar 4.22 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \cdot L - P_U \cdot X_2 = 0$$

$$8175 \cdot 2,5 = P_U \cdot X_2$$

$$P_U = \frac{20437,5}{X_2} \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 1}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$- R_B \cdot L + P_U \cdot (L - X_2) = 0$$

$$- 6450 \cdot 2,5 + \frac{20437,5}{X_2} (2,5 - X_2) = 0$$

$$\begin{aligned}
 -16125 + \frac{51093,75}{X_2} - 20437,5 &= 0 \\
 \frac{51093,75}{X_2} &= 36562,5 \\
 X_2 &= 1,397 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_1 &= L - X_2 \\
 &= 2,5 \text{ m} - 1,397 \text{ m} \\
 &= 1,103 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= \frac{20437,5}{X_2} \\
 &= \frac{20437,5}{1,397} \\
 &= 14625 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{P_u \cdot X_1 \cdot X_2}{L} + \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 \\
 &= \frac{14625 \cdot 1,103 \cdot 1,397}{2,5} + \frac{1}{8} \cdot 87,50 \cdot 2,5^2 \\
 &= 9081,82 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= R_A + \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L \\
 &= 8175 + \frac{1}{2} \cdot 87,50 \cdot 2,5 \\
 &= 8284,38 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 12} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 8,33 < \lambda_{pf} = 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{234}{8} = 29,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 29,25 < \lambda_{pf} = 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 823 = 2057500 \text{ kgcm} \\ &= 20575 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 20575 \\ &= 18518 \text{ kgm} > 9081,82 \text{ kgm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

• Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$(L_b = 250 \text{ cm})$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 4,70 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 233,97 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} J &\approx \sum \frac{bt^3}{3} = \frac{1}{3} [(2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3)] \\ &= \frac{1}{3} [(2 \times 200 \times 12^3) + ((294 - 2 \times 12) \times 12^3)] \\ &= 276480 \text{ mm}^4 \\ &= 27,648 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = 769 \text{ cm}^3$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h \times t_w}{b_f \times t_f} \right)}} = \frac{200}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{234 \times 8}{6200 \times 12} \right)}} = 54,313 \text{ mm}$$

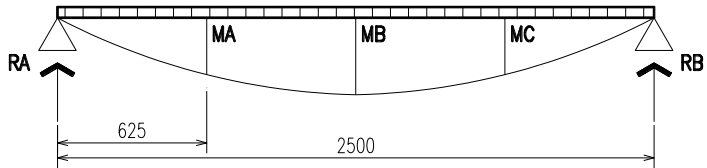
$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$

$C = 1$, Penampang I simetris

$$\begin{aligned}
 L_r &= 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6.67 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}} \\
 &= 1.95 \times 5.43 \times \frac{2 \times 10^6}{0.7 \times 2500} \times \sqrt{\frac{27.65 \times 1}{768 \times 28.2} + \sqrt{\left(\frac{27.65 \times 1}{768 \times 28.2}\right)^2 + 6.67 \left(\frac{0.7 \times 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}} \\
 &= 611.82 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &\leq L_b \leq L_r \quad \rightarrow \text{bentang Menengah} \\
 233.97 \text{ cm} &\leq 250 \text{ cm} \leq 611.82 \text{ cm} \quad \rightarrow \text{bentang Menengah}
 \end{aligned}$$

- Karena bentang menengah, maka ,



Gambar 4.23 Posisi M_A , M_B , M_C

M_A , Momen di $\frac{1}{4}$ bentang

$$\begin{aligned}
 M_A &= \left[\left(\frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} \right] + \left(\frac{X_2 \times \left(\frac{1}{4} \times L \right)}{L} \times P_u \right) \\
 &= \left[\left(\frac{1}{8} \times 87.50 \times 2.5^2 \right) \times \frac{3}{4} \right] + \left(\frac{1.397 \times \left(\frac{1}{4} \times 2.5 \right)}{2.5} \times 14625 \right) \\
 &= 51.27 + 5109.38 = 5160.65 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

M_B , Momen di $\frac{1}{2}$ bentang

$$\begin{aligned}
 M_B &= \left(\frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \right) + \left(\frac{X_1 \times \left(L - \frac{1}{2} \times L \right)}{L} \times P_u \right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 87.50 \times 2.5^2 \right) + \left(\frac{1.103 \times \left(2.5 - \frac{1}{2} \times 2.5 \right)}{2.5} \times 14625 \right) \\
 &= 86.36 + 8062.50 = 8130.86 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

M_C , Momen di $\frac{3}{4}$ bentang

$$\begin{aligned} M_C &= \left[\left(\frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} \right] + \left(\frac{X_1 \times \left(L - \frac{3}{4} \times L \right)}{L} \times P_u \right) \\ &= \left[\left(\frac{1}{8} \times 87,50 \times 2,5^2 \right) \times \frac{3}{4} \right] + \left(\frac{1,397 \times \left(\frac{3}{4} \times 2,5 \right)}{2,5} \times 14625 \right) \\ &= 51,27 + 4031,25 = 4082,52 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 9081,82}{(2,5 \times 9081,82) + (3 \times 5169,65) + (4 \times 8130,86) + (3 \times 4082,52)}$$

$$C_b = 1,37 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \times \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = 1,37 \left[2057500 - (2057500 - 0,7 \cdot 2500 \cdot 769) \times \left(\frac{250 - 233,97}{611,82 - 233,97} \right) \right]$$

$$M_n = 2774249,07 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M_n = 27742,49 \text{ kg} \cdot \text{m} \leq M_p = 20575 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Karena nilai M_n bentang menengah melebihi nilai M_p , maka nilai yang dipakai adalah nilai M_p sebagai perencanaan.

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 20575$$

$$= 18517,50 \text{ kgm} > 9081,82 \text{ kgm} \dots \text{OK!}$$

Keterangan :

- Pelat Sayap dan Badan

(Tabel B4.1 SNI 1729:2015)

- Penampang Kompak

(Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

- Bentang Menengah

(Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

- Persyaratan Desain

(Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

- $\phi = 0.9$

(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{8} = 29,25 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 26,25 \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Kondisi geser plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 29,4 \cdot 0,8 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 31752 \text{ kg}$$

$$V_u = 8284,38 \text{ kg} \leq \phi V_n = 31752 \text{ kg} \quad \dots \text{OK!}$$

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

e. Kontrol lendutan

$$L = 250 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} + \frac{P_u \times X_1 (L^2 - X_1^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}LEI}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q_u \cdot L^4}{384EI} + \frac{P_u \times X_1 (L^2 - X_1^2)^{3/2}}{9 \times \sqrt{3} \times L \times E \times I} \\ &= \frac{5 \cdot (87,50) \cdot 10^{-2} \cdot 250^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 11300} + \frac{14625 \cdot 110,3 \cdot (250 - 110,3^2)^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot 250 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 11300} \\ &= 0,002 \text{ cm} + 0,207 \text{ cm} \\ &= 0,209 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f &= \frac{L}{360} \text{ (Balok biasa)} \\ &= \frac{250}{360} \\ &= 0,694 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_{\text{maks}} = 0,209 \text{ cm} < f = 0,694 \text{ cm} \quad \dots \text{OK!}$$

Keterangan :

- Kontrol Lendutan

(Pasal 6.4.3 SNI 1729: 2002)

4.4. Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat, untuk lantai GF – Lantai Skyloft menggunakan konstruksi dari baja, dan untuk lantai Basement – Lantai GF menggunakan konstruksi dari beton

4.4.1. Tangga Lantai GF – Lantai Skyloft

- Tinggi antar lantai = 310 cm
 - Tinggi bordes = 155 cm
 - Panjang bordes = 350 cm
 - Panjang tangga = 245 cm
 - Lebar bordes = 130 cm
 - Lebar tangga = 165 cm
 - Lebar injakan (i) = 27 cm
 - Lebar pegangan tangga = 20 cm
- Perencanaan jumlah injakan tangga :
 Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga
 $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$
 $25^\circ < a < 40^\circ$
 Dimana :
 t = tinggi injakan (cm)
 i = lebar injakan (cm)
 a = kemiringan tangga
 - Perhitungan jumlah injakan tangga
 Tinggi injakan (t) = 17 cm
 Jumlah tanjakan = $\frac{(3100/2)}{17} = 9,18 \text{ buah} \simeq 10 \text{ buah}$
 Jumlah injakan (n) = $10 - 1 = 9 \text{ buah}$

Cek Persyaratan :

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 17 + 27) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} < (61) < 65 \text{ cm} \text{ OK !}$$

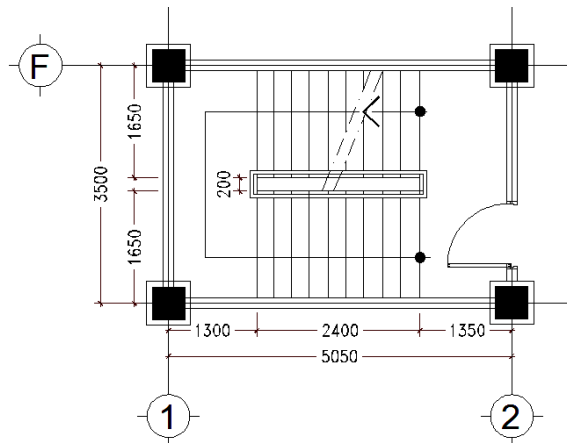
Sudut kemiringan tangga, $\alpha = \arctan \left(\frac{t_{bordes}}{L_{tangga}} \right)$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{155}{245} \right) = 32,32^\circ$$

Cek Persyaratan :

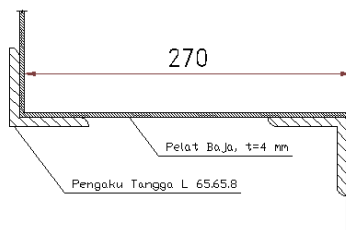
$$25^\circ < 32,32^\circ < 40^\circ \text{ OK !}$$

$$\text{Panjang tangga} = i \times n = 27 \times 9 = 243 \text{ cm} \approx 245 \text{ cm}$$



Gambar 4.24 Denah Tangga Lantai GF – Lantai Skyloft

4.4.2. Anak Tangga



Gambar 4.25 Pelat Anak Tangga

a. Perencanaan tebal pelat anak tangga

$$\text{Tebal pelat tangga} = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Berat jenis baja} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Mutu baja BJ 41} \rightarrow f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Momen Inertia (I}_x) = 1/12 \times 165 \times 0,4^3 = 0,88 \text{ cm}^4$$

- Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,004 \times 1,65 \times 7850 = 51,81 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} \quad \frac{= 5,18 \text{ kg/m}}{q_D = 56,99 \text{ kg/m}}$$

Beban hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

Tangga dan jalan keluar

$$q_L = 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,28 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times 1,65 = 805,66 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 1,33 \text{ kN} = 135,58 \text{ kg}$$

- Perhitungan M_D dan M_L

$$M_D = 1/8 q_D l^2 = 1/8 \times 56,99 \times 0,27^2 = 0,52 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/8 q_L l^2 = 1/8 \times 805,66 \times 0,27^2 = 7,34 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/4 P_L l^2 = 1/4 \times 135,58 \times 0,27 = 9,15 \text{ kgm (menentukan!)}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

$$M_U = 1,4 M_D = 1,4 \times 0,52 = 0,727 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2 \times 0,52 + 1,6 \times 9,15 \\ &= 15,27 \text{ kg.m (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = 1/4 b h^2 = 0,25 \times 165 \times 0,40^2 = 6,60 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi Z_x \times f_y = 0,9 \times 6,6 \times 2500 \\ &= 14850 \text{ kg} \\ &= 148,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Syarat : $\phi M_n > M_u$

$$145,8 \text{ kgm} > 15,27 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 27 \text{ cm}$$

$$\bullet \quad f = \frac{L}{240} = \frac{27}{240} = 0,113 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \\ &= \frac{5 \cdot (56,99 + 805,66) \cdot 10^{-2} \cdot 27^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,88} = 0,034 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_{\text{maks}} = 0,034 \text{ cm} < f = 0,113 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

Keterangan :

- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

- Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 SNI 1729: 2002)

b. Perencanaan pengaku anak tangga

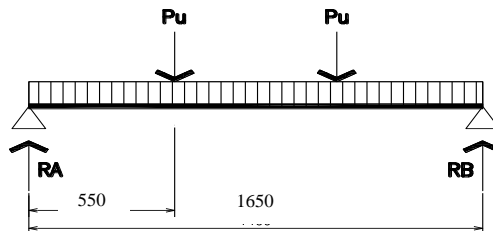
Direncanakan menggunakan profil siku $65 \times 65 \times 8$ dengan data sebagai berikut :

$$b = 65 \text{ mm} \quad I_x = 36,8 \text{ cm}^4 \quad i_y = 2,44 \text{ cm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm} \quad I_y = 36,8 \text{ cm}^4 \quad i_x = 2,44 \text{ cm}$$

$$W = 7,66 \text{ kg/m} \quad A = 9,761 \text{ cm}^2$$

Perencanaan pembebanan



Gambar 4.26 Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga

Diasumsikan pembebanan maksimum pada saat simpangan 2 orang secara bersamaan melewati anak tangga.

Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\text{Berat pelat} = \frac{0,27}{2} \times 0,004 \times 7850 = 4,239 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat baja siku } 65 \times 65 \times 8 &= 7,66 \text{ kg/m} + \\ &= 11,899 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Alat penyambung (10\%)} &= 1,190 \text{ kg/m} + \\ q_D &= 13,089 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup (1/2 lebar injakan)

Tangga dan jalan keluar (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$q_L = 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,28 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times \frac{0,27}{2} = 65,92 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 1.33 \text{ kN} = 135.58 \text{ kg}$$

- Perhitungan M_D dan M_L

$$M_D = 1/8 q_D l^2 = 1/8 \times 13,089 \times 1,65^2 = 4,45 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/8 q_L l^2 = 1/8 \times 65,92 \times 1,65^2 = 22,43 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_L &= 1/4 P_L l^2 = 1/4 \times 135,58 \times 1,65 \\ &= 55,93 \text{ kgm (menentukan!)} \end{aligned}$$

- Perhitungan V_D dan V_L

$$V_D = 1/2 q_D l = 1/2 \times 13,09 \times 1,65 = 10,14 \text{ kg}$$

$$V_L = 1/2 q_L l = 1/2 \times 65,92 \times 1,65 = 54,38 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_L &= 1/2 P_L = 1/2 \times 135,58 \\ &= 67,79 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

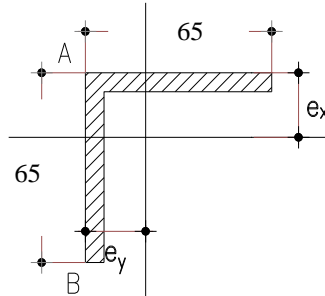
$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 \times 4,45 + 1,6 \times 55,93$$

$$= 94,83 \text{ kg.m}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan V_U

$$\begin{aligned} V_U &= 1,2 V_D + 1,6 V_L \\ &= 1,2 \times 10,14 + 1,6 \times 67,79 \\ &= 120,63 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 4.27 Penampang Pengaku Anak Tangga

- Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{65}{8} = 8,13$$

$$\lambda_{pf} = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 15,27$$

$$\frac{b_f}{t_f} = 8,13 < \lambda_{pf} = 15,27 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} Z_x &= (t_f \times d) \frac{1}{2} d + (t_f(b-t_f)) \frac{1}{2} t_w \\ &= (0,8 \times 6,5) \frac{1}{2} \cdot 6,5 + (0,8(6,5-0,8)) \frac{1}{2} \cdot 0,8 \\ &= 18,724 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi Z_x \times f_y = 0,9 \times 18,724 \times 2500 = 42129 \text{ kg.cm} \\ &= 421,29 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Syarat : $\phi M_n > M_u$

$$421,29 \text{ kgm} > 94,83 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$L_b = 0$ cm (Karena ada pelat baja)

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 2,44 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 121,46 \text{ cm}$$

$L_b = 0 < L_p = 121,46 \rightarrow$ bentang pendek

Maka, $M_n = M_p$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 94,83 \text{ kg.m... OK !:}$$

- Kontrol kuat geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h}{t_w} < 260$, dengan perhitungan

sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1,0$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{(65-8)}{8} = 7,215 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 7,215 \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Kondisi geser plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (6,5 \cdot 0,8) \cdot 1 = 7020 \text{ kg}$$

$$V_u = 120,63 \text{ kg} \leq \phi V_n = 7020 \text{ kg} \quad \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 165 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f &= \frac{L}{360} \text{ (Balok biasa)} \\ &= \frac{165}{360} \\ &= 0,458 \text{ cm} \end{aligned}$$

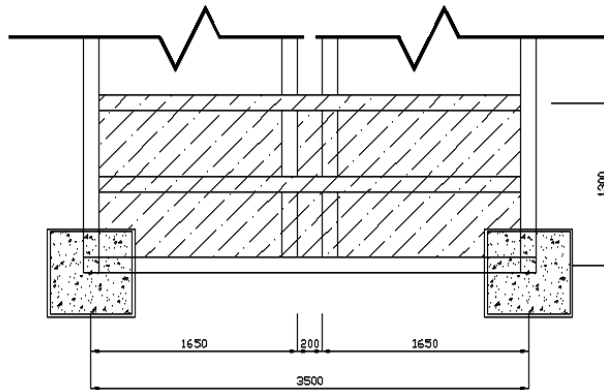
$$\begin{aligned} \bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} + \frac{P_L \cdot x \cdot a (3L^2 - 4a^2)}{24EI} \\ &= \frac{5 \cdot (13,089 + 65,92) \cdot 10^{-2} \cdot 165^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 36,8} + \frac{135,58 \times 55 (3 \cdot 165^2 - 4 \cdot 55^2)}{24 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 36,8} \\ &= 0,104 \text{ cm} + 0,294 = 0,398 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_{\text{maks}} = 0,398 \text{ cm} < f = 0,458 \text{ cm} \quad \dots \text{OK !}$$

Keterangan :

- Pelat Sayap dan Badan (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)
- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Bentang Pendek (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 SNI 1729: 2002)

4.4.3. Pelat Bordes Tangga



Gambar 4.28 Denah Bordes Tangga

a. Pelat bordes

Tebal pelat bordes = 7 mm

Berat jenis baja = 7850 kg/m³

Mutu baja BJ 41 → $f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$

Momen Inertia (I_x) = $1/12 \times 130 \times 0,7^3 = 3,72 \text{ cm}^4$

- Perencanaan pembebanan pelat bordes

Beban mati

Berat pelat = $0,007 \times 7850 = 54,95 \text{ kg/m}^2$

Alat penyambung (10%) = $5,50 \text{ kg/m}^2$ +

$q_D = 60,45 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup tangga (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$q_L = 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,28 \text{ kg/m}^2$

- Perhitungan M_D dan M_L

$M_D = 1/12 \times q_D \times l^2$

= $1/12 \times 60,45 \times (0,65)^2 = 2,13 \text{ kgm/m}$

$$\begin{aligned}
 M_L &= 1/12 \times q_L \times l^2 \\
 &= 1/12 \times 488,28 \times (0,65)^2 = 17,19 \text{ kgm/m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi pembebanan M_U

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= 1,2 \times 2,13 + 1,6 \times 17,19 = 30,06 \text{ kgm/m}
 \end{aligned}$$

- Kontrol momen lentur

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \frac{1}{4} b h^2 = 0,25 \times 100 \times 0,70^2 = 12,25 \text{ cm}^3 \\
 \phi M_n &= \phi Z_x \times f_y = 0,9 \times 15,93 \times 2500 = 30625 \text{ kgcm/cm} \\
 &= 306,25 \text{ kgm/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > M_u$$

$$306,25 \text{ kgm} > 30,06 \text{ kgm} \quad \text{..... OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = \frac{130}{2} = 65 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad f &= \frac{L}{240} \\
 &= \frac{65}{240} \\
 &= 0,271 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \\
 &= \frac{5 \cdot (60,45 + 488,28) \cdot 10^{-2} \cdot 65^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 3,72} \\
 &= 0,172 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f_{\text{maks}} = 0,172 \text{ cm} < f = 0,271 \text{ cm} \quad \text{... OK !}$$

Keterangan :

- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 SNI 1729: 2002)

b. Perencanaan Balok Bordes Tangga

Direncanakan menggunakan profil WF $150 \times 75 \times 5 \times 7$ dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 W = 14,01 \text{ kg/m} & r = 8 \text{ mm} & h_w = d - 2(t_f + r) \\
 A = 72,38 \text{ cm}^2 & Z_x = 98 \text{ cm}^3 & = 120 \text{ mm} \\
 t_w = 5 \text{ mm} & i_y = 1,66 \text{ cm} & b_f = 75 \text{ mm} \\
 t_f = 7 \text{ mm} & I_x = 666 \text{ cm}^4 & S_x = 89 \text{ cm}^3 \\
 d = 150 \text{ mm} & I_y = 49 \text{ cm}^4 &
 \end{array}$$

- Perencanaan pembebanan balok bordes

Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,007 \times 0,65 \times 7850 = 35,72 \text{ kg/m}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Berat profil} & = & 14,01 \text{ kg/m} + \\
 & = & 49,73 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Berat sambungan dan lain-lain 10\%} & = & 4,97 \text{ kg/m} + \\
 q_D & = & 54,70 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

Beban hidup tangga (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$q_L = 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,28 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 488,28 \text{ kg/m}^2 \times \frac{1,30}{2} = 317,38 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan M_D , M_L , V_D dan V_L

$$\begin{array}{rcl}
 M_D = 1/8 \times q_D \times L^2 & = & 1/8 \times 54,70 \times (1,30)^2 \\
 & = & 11,56 \text{ kgm}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 M_L = 1/8 \times q_L \times L^2 & = & 1/8 \times 317,38 \times (1,30)^2 \\
 & = & 67,05 \text{ kgm}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 V_D = 1/2 \times q_D \times L & = & 1/2 \times 54,70 \times 1,30 \\
 & = & 35,56 \text{ kg}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 V_L = 1/2 \times q_L \times L & = & 1/2 \times 317,38 \times 1,30 \\
 & = & 206,30 \text{ kg}
 \end{array}$$

- Kombinasi pembebanan M_U dan V_U

$$\begin{array}{rcl}
 M_U & = & 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 & = & 1,2 (11,56) + 1,6 (67,05) = 121,14 \text{ kgm}
 \end{array}$$

$$V_U = 1,2V_D + 1,6V_L$$

$$= 1,2 (35,56) + 1,6 (206,30) = 372,74 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal
Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{75}{2 \times 7} = 5,36$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 5,36 < \lambda_{pf} = 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{(150 - 2(8+7))}{5} = 24$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 24 < \lambda_{pf} = 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \times Z_x = 2500 \times 98 = 245000 \text{ kgcm}$$

$$= 2450 \text{ kgm}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 2450$$

$$= 2205 \text{ kgm} \geq 121,14 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

Keterangan :

- Pelat Sayap dan Badan (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)
- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

- Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

$$L_b = 350 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 1,66 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 82,64 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} J &\approx \sum \frac{bt^3}{3} = \frac{1}{3} \left[(2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_f^3) \right] \\ &= \frac{1}{3} \left[(2 \times 75 \times 7^3) + ((150 - 2 \times 7) \times 5^3) \right] \\ &= 22816,67 \text{ mm}^4 \\ &= 2,282 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = 89 \text{ cm}^3$$

$$h_o = d - t_f = 150 - 7 = 143 \text{ mm}$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h \times t_w}{b_f \times t_f} \right)}} = \frac{200}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \times \frac{120 \times 5}{75 \times 7} \right)}} = 19,843 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$

C = 1 , Penampang I simetris

$$\begin{aligned} L_r &= 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \\ &= 1,95 \times 1,984 \times \frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \times \sqrt{\frac{2,282 \times 1}{89 \times 14,30} + \sqrt{\left(\frac{2,282 \times 1}{89 \times 14,30} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\ &= 264,99 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &\leq L_b \geq L_r \quad \rightarrow \text{Bentang Panjang} \\ 82,64 \text{ cm} &\leq 350 \text{ cm} \geq 264,99 \text{ cm} \quad \rightarrow \text{Bentang Panjang} \end{aligned}$$

- Karena bentang panjang, maka ,

$$M_n = F_{cr} \times S_x \leq M_p$$

Nilai F_{cr} dihitung berdasarkan persyaratan dibawah ini :

$$\frac{K \cdot L}{r} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \rightarrow F_{cr} = 0,658 \frac{f_y}{F_e}$$

$$\frac{K \cdot L}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \rightarrow F_{cr} = 0,877 \times F_e$$

Dimana, $F_e = \frac{\pi^2 \times E}{K \cdot L^2 / r}$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{K \cdot L^2 / r} = \frac{\pi^2 \times 200000}{1 \cdot 1300^2 / 8} = 74,752 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{K \cdot L}{r} = \frac{1 \cdot 1300}{8} = 162,5 > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{2500}} = 133,22$$

Maka,

$$F_{cr} = 0,877 \times 74,752 = 65,56 \text{ N/mm}^2 \approx 668,27 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_n = F_{cr} \times S_x \leq M_p$$

$$M_n = 668,27 \times 89 = 59476,25 \text{ kg.cm} \approx 594,76 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 594,76 \text{ kg.m} \leq M_p = 2450 \text{ kg.m}$$

Karena nilai M_n bentang panjang kurang dari nilai M_p , maka nilai yang dipakai adalah nilai M_n bentang panjang sebagai perencanaan.

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 594,76$$

$$= 535,29 \text{ kgm} > 121,14 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

Keterangan :

- *Bentang Panjang* (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $C = 1$ (Pasal F2 Ayat 2 Persamaan (F28-a) SNI 1729:2015)
- $K = 1$ (Lampiran 7 Pasal 3 ayat (a) SNI 1729:2015)

- Kontrol kuat geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1,0$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{120}{5} = 24 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 24 \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Kondisi geser plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (15 \cdot 0,5) \cdot 1 = 10125 \text{ kg}$$

$$V_u = 372,74 \text{ kg} \leq \phi V_n = 10125 \text{ kg} \quad \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 130 \text{ cm}$$

$$\bullet \quad f = \frac{130}{360} = 0.361 \text{ cm}$$

$$\bullet \quad f_{\text{maks}} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI}$$

$$\bullet \quad f_{\text{maks}} = \frac{5 \cdot (54,70 + 317,38) \cdot 10^{-2} \cdot 130^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 666} = 0,0104 \text{ cm}$$

$$f_{\text{maks}} = 0,0104 \text{ cm} < f = 0,361 \text{ cm} \quad \dots \text{ OK !}$$

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 SNI 1729: 2002)

4.4.4. Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 × 125 × 5 × 8 :

d	= 248 mm	ix	= 10,4 cm
bf	= 124 mm	iy	= 2,79 cm
tf	= 8 mm	Zx	= 305 cm ³
tw	= 5 mm	Zy	= 63 cm ³
A	= 32,68 cm ²	Sx	= 285 cm ³
q	= 25,7 kg/m	Sy	= 41,1 cm ³
Ix	= 3540 cm ⁴	r	= 12 cm
Iy	= 255 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 208 mm

- Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat } 0,004 \times 0,825 \times 7850 &= 25,905 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil siku } 7,66 \times 2 &= 15,320 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil balok } 25,7/\cos(32,32) &= 30,411 \text{ kg/m} + \\ &= 71,636 \text{ kg/m} \\ - \text{ Berat alat penyambung } 10\% &= 7,164 \text{ kg/m} + \\ q_{D1} &= 78,80 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup tangga (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$q_L = 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,28 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{L1} = 488,24 \times 0,825 / \cos 32,32 = 476,68 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 78,80 + 1,6 \times 476,68 = 857,24 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Perencanaan pembebanan bordes

Beban mati

$$\text{Berat bordes } 0,007 \times (3,5/4) \times 7850 = 48,08 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = \frac{25,70 \text{ kg/m} +}{= 73,78 \text{ kg/m}}$$

$$= 73,78 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat penyambung 10\%} = \frac{7,38 \text{ kg/m} +}{= 81,16 \text{ kg/m}}$$

$$q_{D2} = 81,16 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$P_D = 14,01 \times (3,5/4) = 12,26 \text{ kg}$$

Beban hidup Tangga (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$q_L = 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,28 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{L2} = 488,24 \times (3,5/4) = 427,24 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 81,16 + 1,6 \times 427,24 = 780,98 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} P_1 &= P_d + q_{U2} \times (1,3/2) = 12,26 + 780,98 \times (1,3/2) \\ &= 519,90 \text{ kg} \end{aligned}$$

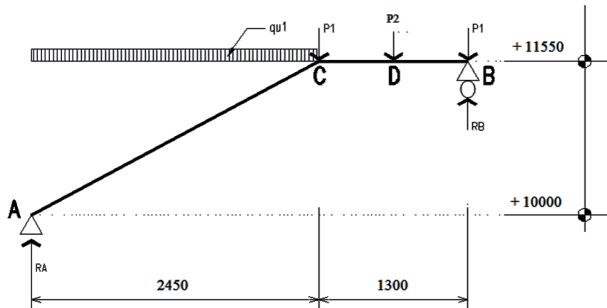
$$\begin{aligned} P_2 &= P_d + q_{U2} \times 1,3 = 12,26 + 780,98 \times 1,3 \\ &= 1027,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

Selain itu berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.5.4 mengenai beban pada tangga tetap, pada 1 rangkaian harus terdapat tambahan beban minimum 1,33 kN setiap jarak 3,048 m dari tinggi tangga. Pada perencanaan ini

beban sebesar 1,33 kN ditempatkan pada tengah bentang dari balok utama tangga, sehingga sketsa pembebanan menjadi seperti berikut :

Beban hidup Tangga (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$P_L = 1,33 \text{ kN} = 135,58 \text{ kg}$$



Gambar 4.29 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga Lantai GF – Lantai *Skyloft*

- Perhitungan pembebanan

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_B \cdot 3,75 + P_1 \cdot 3,75 + P_2 \cdot 3,1 + P_1 \cdot 2,45 + P_L \cdot 1,225 + q_{u1} \cdot 2,45 \cdot 1,225 = 0$$

$$R_B = \frac{519,90 \times 3,75 + 1027,53 \times 3,1 + 519,90 \times 2,45 + 135,58 \times 1,225 + 857,24 \times 3,0}{3,75}$$

$$= 2439,35 \text{ kg}$$

$$\sum V = 0$$

$$R_A + R_B - q_{u1} \times 2,45 - 2 \times P_1 - P_2 - P_L = 0$$

$$R_A + 2439,35 - 857,24 \times 2,45 - 2 \times 519,90 - 1027,53 - 135,58 = 0$$

$$R_A = 1863,79 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\sum V = 0$$

$$R_A + R_B - q_{u1} \times 2,45 - 2 \times P_1 - P_2 - P_L = 0$$

$$1863,79 + 2439,35 - 857,24 \times 2,45 - 2 \times 519,90 - 1027,53 - 135,58 = 0$$

$$0 = 0$$

Bidang M

- a - c :

$$M_X = R_a \times X - \frac{1}{2} q_{ul} \cdot X^2 - P_L \times (X-1,225)$$

$$= 1863,79 \times X - \frac{1}{2} \times 857,24 \times X^2 - 135,58 \times (X-1,225)$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 2,45 \text{ m}$$

$$M_c = 1863,79 \times 2,45 - \frac{1}{2} \times 857,24 \times 2,45^2 - 135,58 \times 1,225$$

$$= 1827,40 \text{ kgm}$$

Momen maksimum terjadi apabila $\frac{dM_x}{d_x} = 0$

$$\frac{dM_x}{d_x} = 1863,79 - 857,24 \times X - 135,58 = 0$$

$$X = 2,02 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 1863,79 \times 2,02 - \frac{1}{2} \times 857,24 \times 2,02^2 - 135,58 \times 2,02 - 1,225$$

$$= 1908,13 \text{ kgm}$$

- b - d :

$$M_X = R_b \times X - P_1 \times X$$

$$= 2439,35 \times X - 519,90 \times X$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 0,65 \text{ m}$$

$$M_d = 2439,35 \times 0,65 - 519,90 \times 0,65 = 1247,65 \text{ kgm}$$

- d - c :

$$M_X = R_b \times (X+0,65) - P_1 \times (X+0,65) - P_2 \times X$$

$$= 2439,35 \times (X+0,65) - 519,90 \times (X+0,65) - 1027,53 \times X$$

$$X = 0 \text{ m}$$

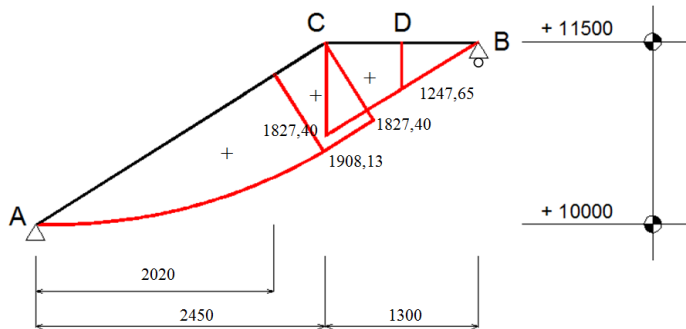
$$M_d = 2439,35 \times (0+0,65) - 519,90 \times (0+0,65) - 1027,53 \times 0$$

$$M_d = 1247,65 \text{ kgm}$$

$$X = 0,65 \text{ m}$$

$$M_c = 2439,35 \times (1,3) - 519,90 \times (1,3) - 1027,53 \times 0,65$$

$$= 1827,40 \text{ kgm}$$



Gambar 4.30 Bidang M Balok Tangga
Lantai GF – Lantai *Skyloft*

Bidang D

- a - c :

$$\begin{aligned} D_X &= R_a \times \cos(32,32^\circ) - q_{ul} \times X \times \cos(32,32^\circ) - P_L \times \cos(32,32^\circ) \\ &= 1863,79 \times \cos(32,32^\circ) - 857,24 \times X \times \cos(32,32^\circ) - \\ &\quad 135,58 \times \cos(32,32^\circ) \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{ka} &= 1863,79 \times \cos(32,32^\circ) - 857,24 \times 0 \times \cos(32,32^\circ) - \\ &\quad 135,58 \times \cos(32,32^\circ) \\ &= 1460,47 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 2,45 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{ki} &= 1863,79 \times \cos(32,32^\circ) - 857,24 \times 2,45 \times \cos(32,32^\circ) - \\ &\quad 135,58 \times \cos(32,32^\circ) \\ &= -314,40 \text{ kg} \end{aligned}$$

- b - d :

$$\begin{aligned} D_X &= -R_b + P_l \\ &= -2439,35 + 519,90 \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{ki} &= -2439,35 + 519,90 \\ &= -1919,46 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 0,65 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{ka} &= -2439,35 + 519,90 \\ &= -1919,46 \text{ kg} \end{aligned}$$

- d - c :

$$D_X = -R_b + P_1 + P_2$$

$$= -2439,35 + 519,90 + 1027,53$$

$$X = 0 \text{ m}$$

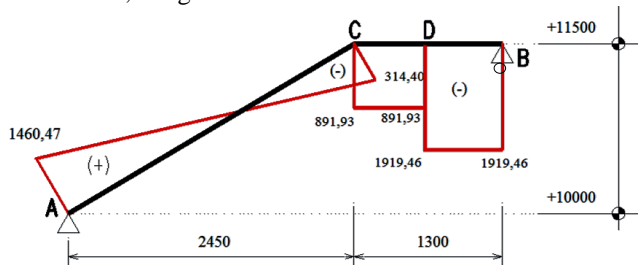
$$Dd_{ki} = -2439,35 + 519,90 + 1027,53$$

$$= -891,93 \text{ kg}$$

$$X = 0,65 \text{ m}$$

$$Dc_{ka} = -2439,35 + 519,90 + 1027,53$$

$$= -891,93 \text{ kg}$$



Gambar 4.31 Bidang D Balok Tangga
Lantai GF – Lantai *Skyloft*

Bidang N

- a - c :

$$N_X = -R_a \times \sin(32,32^\circ) + q_{ul} \times X \times \sin(32,32^\circ) - P_L \times \sin(32,32^\circ)$$

$$= -1863,79 \times \sin(32,32^\circ) + 857,24 \times X \times \sin(32,32^\circ) -$$

$$135,58 \times \sin(32,32^\circ)$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$Na_{ka} = -1863,79 \times \sin(32,32^\circ) + 857,24 \times 0 \times \sin(32,32^\circ) -$$

$$135,58 \times \sin(32,32^\circ)$$

$$= -923,97 \text{ kg}$$

$$X = 2,45 \text{ m}$$

$$Nc_{ki} = -1863,79 \times \sin(32,32^\circ) + 857,24 \times 2,45 \times \sin(32,32^\circ) -$$

$$135,58 \times \sin(32,32^\circ)$$

$$= 198,90 \text{ kg}$$

- c - b :

$$N = 0 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{27^2 + 17^2} = 31,91 \text{ cm (Pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 2,79 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 138,89 \text{ cm}$$

$$L_b = 31,91 < L_p = 138,89 \rightarrow \text{bentang pendek, maka } M_n = M_p$$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 1908,13 \text{ kg.m... OK !}$$

Keterangan :

- Pelat Sayap dan Badan (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)
- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Bentang Menengah (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

- Kontrol kuat geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v=1,0$$

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41,60 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{tw} = 41,60 \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Kondisi geser plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi \cdot 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 24,8 \cdot 0,5 \cdot 1 = 16740 \text{ kg}$$

$$V_u = 1919,46 \text{ kg} \leq \phi V_n = 16740 \text{ kg} \quad \dots \text{OK!}$$

Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

- Persamaan interaksi tekan – lentur

$$L = \sqrt{245^2 + 155^2} = 289,91 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,70 \text{ (sendi – jepit)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r_y}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \times 10^6}{\left(\frac{0,70 \cdot 289,91}{2,79}\right)^2} = 3730,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{F_e} = \frac{2500}{3730,82} = 0,67 \leq 2,25$$

karena $\frac{f_y}{F_e} = 1,86 \leq 2,25$ maka f_{cr} ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[0,658^{\frac{f_y}{F_e}} \right] f_y \\ &= [0,658^{0,67}] \times 2500 \\ &= 1888,58 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \\ = 32,68 \cdot 1888,58 = 61718,64 \text{ kg}$$

$$P_c = \phi P_n \\ = 0,9 \cdot 61718,6 = 55546,77 \text{ kg}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{823,97}{55546,77} = 0,0166 < 0,2 \text{ (Persamaan interaksi 2)}$$

$$\frac{P_r}{2 \times P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{923,97}{2 \times 55546,77} + \left(\frac{1908,3}{6862,5} + 0 \right) = 0,3 \leq 1,0 \dots \text{OK!}$$

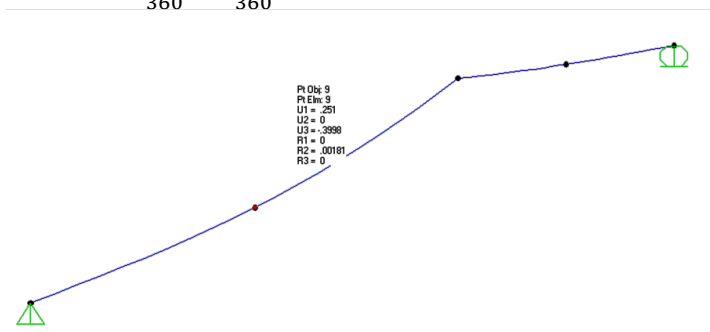
Keterangan :

- Kontrol Interaksi Tekan-Lentur (Pasal E3 SNI 1729: 2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

- Kontrol lendutan

$$L = \sqrt{245^2 + 155^2} = 289,91 \text{ cm}$$

$$\bullet \quad f = \frac{L}{360} = \frac{289,91}{360} = 0,805$$



Gambar 4.33 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga

- $$f_{\text{terjadi}} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI}$$

$$f_{\text{terjadi}} = 0,251 \text{ cm} < f = 0,805 \text{ cm} \quad \dots \text{OK !}$$

Keterangan :

- Kontrol Lendutan

(Pasal 6.4.3 SNI 1729: 2002)

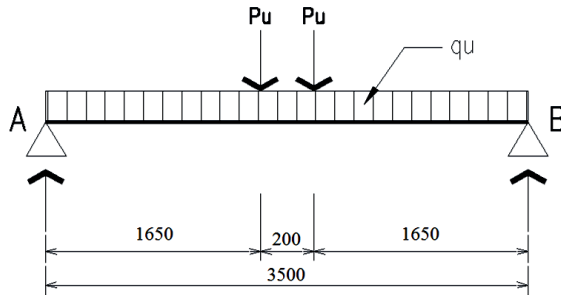
4.4.5. Balok Penumpu Tangga

Balok utama penumpu tangga direncanakan memakai profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan data-data sebagai berikut:

d	= 248 mm	ix	= 10,4 cm
bf	= 124 mm	iy	= 2,79 cm
tf	= 8 mm	Zx	= 305 cm ³
tw	= 5 mm	Zy	= 63 cm ³
A	= 32,68 cm ²	Sx	= 285 cm ³
q	= 25,7 kg/m	Sy	= 41,1 cm ³
Ix	= 3540 cm ⁴	r	= 12 cm
Iy	= 255 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 208 mm
h _o	= 240 mm		

- **Pembebanan**

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (Rb) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.34 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_b = 1385,80 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

Berat profil

$$= 25,7 \text{ kg/m}$$

Beban dinding 1,55 x 250

$$= 387,50 \text{ kg/m} +$$

$$= 413,20 \text{ kg/m}$$

Berat sambungan 10%

$$= 41,32 \text{ kg/m} +$$

$$= 454,52 \text{ kg/m}$$

- Reaksi Perletakan

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_{vB} \cdot 3,5 + P_u \cdot 1,85 + P_u \cdot 1,65 + \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3,5^2 = 0$$

$$R_{vB} = \frac{1385,80 \cdot 1,85 + 1385,80 \cdot 1,65 + \frac{1}{2} \cdot 454,52 \cdot 3,5^2}{3,5}$$

$$= 1613,06 \text{ kg}$$

$$R_{vA} = 1613,06 \text{ kg}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \left(\frac{1}{8} \times q \times 3,5^2 \right) + \left(\frac{1,65 \times 1,85}{3,5} \times P_u \right) + \left(\frac{1,85 \times 1,65}{3,5} \times P_u \right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 454,52 \times 3,5^2 \right) + \left[\left(\frac{1,65 \times 1,85}{3,5} \times 1385,80 \right) \times 2 \right] \\ &= 695,984 + 2417,232 = 3113,216 \text{ kg} \approx 3113,22 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_U = -R_{vB} = -1613,06 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41,60$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

- $\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 7625 \\ &= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 3113,22 \text{ kg.m (Ok)} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 165 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 2,79 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 138,89 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} J &\approx \sum \frac{bt^3}{3} = \frac{1}{3} [(2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3)] \\ &= \frac{1}{3} [(2 \times 124 \times 8^3) + ((248 - 2 \times 8) \times 5^3)] \\ &= 51992 \text{ mm}^4 \\ &= 5,199 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = 285 \text{ cm}^3$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \times \frac{h \times t_w}{b_f \times t_f} \right)}} = \frac{124}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \times \frac{208 \times 5}{124 \times 8} \right)}} = 33,03 \text{ mm}$$

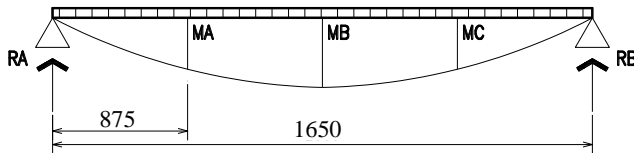
$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6.67 \left(\frac{0.7 F_y}{E} \right)^2}}$$

$C = 1$, Penampang I simetris

$$\begin{aligned} L_r &= 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6.67 \left(\frac{0.7 F_y}{E} \right)^2}} \\ &= 1,95 \times 33,03 \times \frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \times \sqrt{\frac{3,199 \times 10^8}{285 \times 24} + \sqrt{\left(\frac{3,199 \times 10^8}{285 \times 24} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6} \right)^2}} \\ &= 287,46 \text{ cm} \end{aligned}$$

$L_p \leq L_b \leq L_r \rightarrow$ bentang Menengah
 $138,89 \text{ cm} \leq 165 \text{ cm} \leq 287,46 \text{ cm} \rightarrow$ bentang Menengah

- Karena bentang menengah, maka ,



Gambar 4.35 Posisi M_A , M_B , M_C

M_A , Momen di $\frac{1}{4}$ bentang

$$\begin{aligned} M_A &= \left[\left(\frac{1}{8} \times q_d \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} \right] + \left(\frac{x_2 \times \left(\frac{1}{4} \times L \right)}{L} \times P_u \right) + \left(\frac{x_1 \times \left(\frac{1}{4} \times L \right)}{L} \times P_u \right) \\ &= \left[\left(\frac{1}{8} \times 454,52 \times 3,5^2 \right) \times \frac{3}{4} \right] + \left(\frac{1,85 \times \left(\frac{1}{4} \times 3,5 \right)}{3,5} \times 1385,80 \right) \\ &\quad + \left(\frac{1,65 \times \left(\frac{1}{4} \times 3,5 \right)}{3,5} \times 1385,80 \right) \\ &= 521,99 + 640,83 + 571,64 = 1734,56 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

M_B , Momen di $\frac{1}{2}$ bentang

$$\begin{aligned} M_B &= \left(\frac{1}{8} \times q_d \times L^2 \right) + \left(\frac{x_1 \times (L - \frac{1}{2} \times L)}{L} \times P_u \right) + \left(\frac{x_1 \times \frac{1}{2} L}{L} \times P_u \right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 454,52 \times 3,5^2 \right) + \left(\frac{1,65 \times (3,5 - \frac{1}{2} \times 3,5)}{3,5} \times 1385,80 \right) \\ &\quad + \left(\frac{1,65 \times (\frac{1}{2} \times 3,5)}{3,5} \times 1385,80 \right) \\ &= 695,984 + 1143,29 + 1143,29 = 2982,55 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

M_C , Momen di $\frac{3}{4}$ bentang

$$\begin{aligned} M_C &= \left[\left(\frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \right) \times \frac{3}{4} \right] + \left(\frac{x_1 \times (L - \frac{3}{4} \times L)}{L} \times P_u \right) + \left(\frac{x_2 \times (L - \frac{3}{4} \times L)}{L} \times P_u \right) \\ &= \left[\left(\frac{1}{8} \times 87,50 \times 2,5^2 \right) \times \frac{3}{4} \right] + \left(\frac{1,65 \times (3,5 - \frac{3}{4} \times 3,5)}{3,5} \times 1385,80 \right) \\ &\quad + \left(\frac{1,85 \times (3,5 - \frac{3}{4} \times 3,5)}{3,5} \times 1385,80 \right) \\ &= 521,99 + 571,64 + 640,93 = 1734,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 3113,22}{(3,5 \times 3113,22) + (3 \times 1734,56) + (4 \times 2982,55) + (3 \times 1734,56)}$$

$$C_b = 1,29 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \times \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = 1,29 \left[762500 - (762500 - 0,7 \cdot 2500 \cdot 285) \times \left(\frac{165 - 138,89}{287,46 - 138,89} \right) \right]$$

$$M_n = 925243,014 \text{ kg.cm}$$

$$M_n = 9252,43 \text{ kg.m} \leq M_p = 7625 \text{ kg.m}$$

Karena nilai M_n bentang menengah melebihi nilai M_p , maka nilai yang dipakai adalah nilai M_p sebagai perencanaan.

- Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\
 \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 7625 \\
 &= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 3113,22 \text{ kg.m (Ok)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- Pelat Sayap dan Badan (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)
- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Bentang Menengah (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

- Kontrol kuat geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h}{t_w} < 260$, dengan perhitungan

sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41,60 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 41,60 \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Kondisi geser plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai C_v adalah 1,0 , maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi \cdot 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 24,8 \cdot 0,5 \cdot 1 = 16740 \text{ kg}$$

$$V_u = 1613,06 \text{ kg} \leq \phi V_n = 16740 \text{ kg} \quad \dots \text{OK !}$$

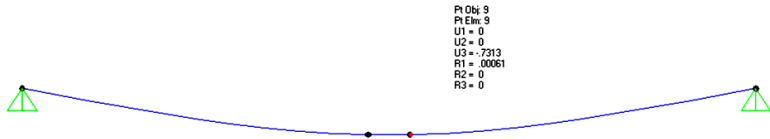
Keterangan :

- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

- Kontrol lendutan

$$L = 350 \text{ cm}$$

$$f = \frac{L}{360} = \frac{350}{360} = 0,972$$



Gambar 4.36 Analisa Lendutan Balok Penumpu Tangga

$$f_{\text{terjadi}} = 0,731 \text{ cm} < f = 0,972 \text{ cm} \quad \dots \text{OK !}$$

Keterangan :

- Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 SNI 1729: 2002)

4.4.6. Tangga Lantai *Basement* – Lantai GF

- Tinggi antar lantai = 300 cm
- Tinggi bordes = 150 cm
- Panjang bordes = 350 cm
- Panjang tangga = 240 cm
- Tebal Plat Tangga = 12 cm
- Tebal Plat Bordes = 12 cm
- Lebar bordes = 130 cm
- Lebar tangga = 165 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Lebar pegangan tangga = 20 cm

- Perencanaan jumlah injakan tangga :
Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

$$25^\circ < a < 40^\circ$$

Dimana :

t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

- Perhitungan jumlah injakan tangga

Tinggi injakan (t) = 17 cm

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{(3000/2)}{17} = 8.82 \text{ buah} \simeq 9 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah injakan (n)} = 9 - 1 = 8 \text{ buah}$$

Cek Persyaratan :

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 17 + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} < (64) < 65 \text{ cm} \text{ OK !}$$

$$\text{Sudut kemiringan tangga, } \alpha = \text{arc tg} \left(\frac{t_{\text{bordes}}}{L_{\text{tangga}}} \right)$$

$$\alpha = \text{arc tg} \left(\frac{150}{240} \right) = 32,01^\circ$$

Cek Persyaratan :

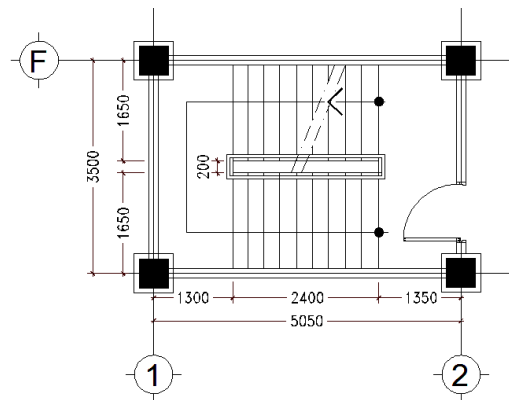
$$25^{\circ} < 32,01^{\circ} < 40^{\circ} \dots \text{OK !}$$

$$\text{Panjang tangga} = i \times n = 30 \times 8 = 240 \text{ cm}$$

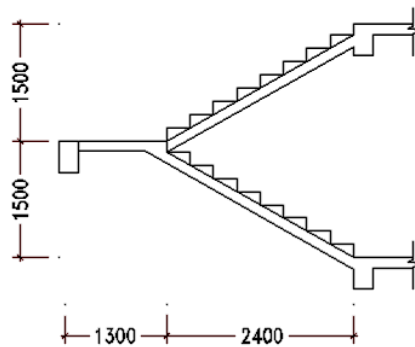
Tebal Pelat Rata-rata :

$$T = \left(\frac{i}{2} \right) \times \sin \alpha = \left(\frac{30}{2} \right) \times \sin 32,01 = 7,95 \text{ cm} \approx 8 \text{ cm}$$

$$T = 12 + 8 = 20 \text{ cm}$$



Gambar 4.37 Denah Tangga Lantai Basement– Lantai GF



Gambar 4.38 Tampak Samping Tangga

- Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Pelat tangga} &= \frac{0,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3}{\cos 32,01^\circ} = 566,04 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat spesi 2 cm} &= 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat keramik 1 cm} &= 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2 + \\ &q_{D1} = 632,04 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{D1} &= 632,04 \times 1,65 = 1042,86 \text{ kg/m} \\ \text{Berat Handrail} &= 0,73 \text{ kN/m} = 74,41 \text{ kg/m} + \\ &q_{D1} = 1117,28 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup tangga (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$\begin{aligned} q_L &= 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,28 \text{ kg/m}^2 \\ q_{L1} &= 488,24 \times 1,65 = 805,66 \text{ kg/m} \\ q_{U1} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 1117,28 + 1,6 \times 805,66 = 2629,79 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Perencanaan pembebanan bordes

Beban mati

$$\begin{aligned} \text{Pelat bordes} &= 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat spesi 2 cm} &= 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat keramik 1 cm} &= 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2 + \\ &q_{D1} = 354 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{D1} &= 354 \times (3,5/4) = 309,75 \text{ kg/m} \\ \text{Berat Handrail} &= 0,73 \text{ kN/m} = 74,41 \text{ kg/m} + \\ &q_{D1} = 384,16 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

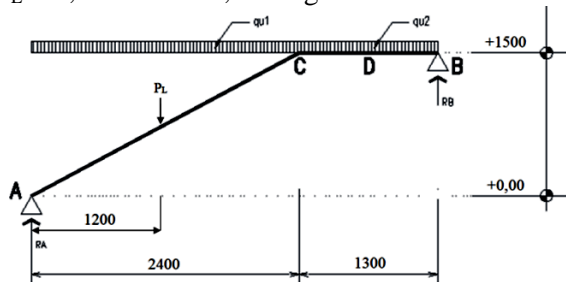
Beban hidup Tangga (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$\begin{aligned} q_L &= 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,28 \text{ kg/m}^2 \\ q_{L2} &= 488,24 \times (3,5/4) = 427,24 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 384,16 + 1,6 \times 427,24 = 1144,58 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Selain itu berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.5.4 mengenai beban pada tangga tetap, pada 1 rangkaian harus terdapat tambahan beban minimum 1,33 kN setiap jarak 3,048 m dari tinggi tangga. Pada perencanaan ini beban sebesar 1,33 kN ditempatkan pada tengah bentang dari balok utama tangga, sehingga sketsa pembebanan menjadi seperti berikut :

$$P_L = 1,33 \text{ kN} = 135,58 \text{ kg}$$



Gambar 4.39 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga
Lantai Basement– Lantai GF

- Perhitungan pembebanan

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_B \cdot 3,70 + P_L \cdot 1,20 + q_{u1} \cdot 2,40 \cdot 1,20 + q_{u2} \cdot 1,3 \cdot 3,05 = 0$$

$$R_B = \frac{135,58 \times 1,20 + 2629,79 \times 2,40 \times 1,20 + 1144,58 \times 1,30 \times 3,05}{3,70}$$

$$= 3317,50 \text{ kg}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$R_A + R_B - q_{u1} \times 2,40 - q_{u2} \times 1,3 - P_L = 0$$

$$R_A + 3866,78 - 2629,79 \times 2,40 - 1144,58 \times 1,3 - 135,58 = 0$$

$$R_A = 4617,52 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = 0$$

$$R_A + R_B - q_{u1} \times 2,40 - q_{u2} \times 1,3 - P_L = 0$$

$$4617,52 + 3317,50 - 2629,79 \times 2,40 - 1144,58 \times 1,3 - 135,58 = 0$$

$$0 = 0$$

Bidang M

- a - c :

$$M_X = R_a \times X - \frac{1}{2} q_{u1} \times X^2 - P_L \times (X - 1,20)$$

$$= 4617,52 \times X - \frac{1}{2} \times 2629,79 \times X^2 - 135,58 \times (X - 1,20)$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 2,40 \text{ m}$$

$$M_c = 4617,52 \times 2,40 - \frac{1}{2} \times 2629,79 \times 2,40^2 - 135,58 \times (2,40 - 1,20)$$

$$= 3345,58 \text{ kgm}$$

Momen maksimum terjadi apabila $\frac{dM_x}{d_x} = 0$

$$\frac{dM_x}{d_x} = 4617,52 - 2629,79 \times X - 135,58 = 0$$

$$X = 1,70 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 4617,52 \times 1,70 - \frac{1}{2} \times 2629,79 \times 1,70^2 - 135,58 \times (1,70 - 1,20)$$

$$= 3819,29 \text{ kgm}$$

- b - d :

$$M_X = R_b \times X - \frac{1}{2} q_{u2} \times X^2$$

$$= 3317,50 \times X - \frac{1}{2} \times 1144,58 \times X^2$$

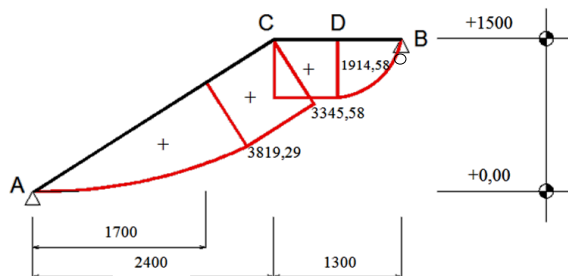
$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 0,65 \text{ m}$$

$$M_d = 3317,50 \times 0,65 - \frac{1}{2} \times 1144,58 \times 0,65^2$$

$$= 1914,58 \text{ kgm}$$



Gambar 4.40 Bidang M Balok Tangga
Lantai Basement– Lantai GF

Bidang D

- a - c :

$$\begin{aligned} D_X &= R_a \times \cos(32,01^\circ) - q_{u1} \times X \times \cos(32,01^\circ) - P_L \times \cos(32,01^\circ) \\ &= 4617,52 \times \cos(32,01^\circ) - 2629,79 \times X \times \cos(32,01^\circ) - \\ &\quad 135,58 \times \cos(32,01^\circ) \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Da_{ka} &= 4617,52 \times \cos(32,01^\circ) - 2629,79 \times 0 \times \cos(32,01^\circ) - \\ &\quad 135,58 \times \cos(32,01^\circ) \end{aligned}$$

$$= 3800,68 \text{ kg}$$

$$X = 2,40 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Dc_{ki} &= 4617,52 \times \cos(32,01^\circ) - 2629,79 \times 2,40 \times \cos(32,01^\circ) - \\ &\quad 135,58 \times \cos(32,01^\circ) \end{aligned}$$

$$= -1551,45 \text{ kg}$$

- b - d :

$$\begin{aligned} D_X &= -R_b + q_{u2} \times X \\ &= -3317,50 + 1144,58 \times X \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$Db_{ki} = -3317,50 + 1144,58 \times 0$$

$$= -3317,50 \text{ kg}$$

$$X = 0,65 \text{ m}$$

$$Dd_{ka} = -3317,50 + 1144,58 \times 0,65$$

$$= -2573,52 \text{ kg}$$

- d - c :

$$\begin{aligned} D_X &= -R_b + q_{u2} \times (X+0,65) \\ &= -3317,50 + 1144,58 \times (X+0,65) \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

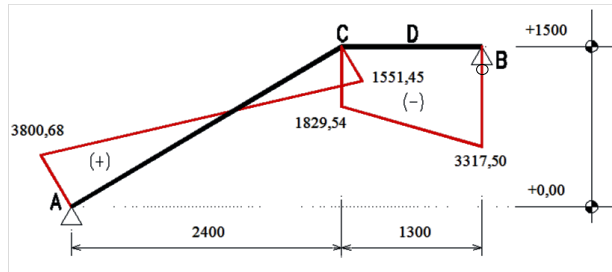
$$Dd_{ki} = -3317,50 + 1144,58 \times (0+0,65)$$

$$= -2573,52 \text{ kg}$$

$$X = 0,65 \text{ m}$$

$$Dc_{ka} = -3317,50 + 1144,58 \times (0,65+0,65)$$

$$= -1829,54 \text{ kg}$$



Gambar 4.41 Bidang D Balok Tangga
Lantai Basement– Lantai GF

Bidang N

- a - c :

$$\begin{aligned} N_X &= -R_a \times \sin(32,01^\circ) + q_{u1} \times X \times \sin(32,01^\circ) - P_L \times \sin(32,01^\circ) \\ &= -4617,52 \times \sin(32,01^\circ) + 2629,79 \times X \times \sin(32,01^\circ) - \\ &\quad 135,58 \times \sin(32,01^\circ) \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

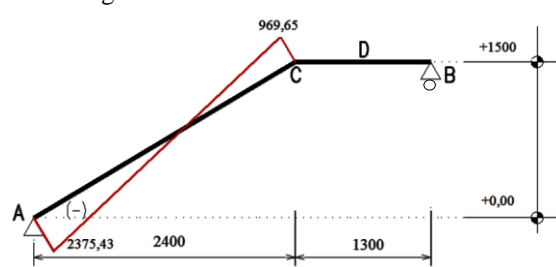
$$\begin{aligned} N_{ka} &= -4617,52 \times \sin(32,01^\circ) + 2629,79 \times 0 \times \sin(32,01^\circ) - \\ &\quad 135,58 \times \sin(32,01^\circ) \\ &= -2375,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 2,40 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{ki} &= -4617,52 \times \sin(32,01^\circ) + 2629,79 \times 2,40 \times \sin(32,01^\circ) - \\ &\quad 135,58 \times \sin(32,01^\circ) \\ &= 969,65 \text{ kg} \end{aligned}$$

- c - b :

$$N = 0 \text{ kg}$$



Gambar 4.42 Bidang N Balok Tangga
Lantai Basement– Lantai GF

- Desain Tulangan Lentur Pelat Tangga

Data Desain :

- Mutu beton (f'_c) = 30 Mpa
- Tebal Pelat (t) = 120 mm
- Selimut Beton = 20 mm
- Diameter Tulangan = 16 mm
- Kuat Tarik (f_y) = 400 MPa
- $M_u = 3819,29 \text{ kg.m}$ = 38 192 90 Nmm

Tinggi Manfaat Rencana :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - (\frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}}) \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 16 \text{ mm}) \\ &= 92 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menentukan harga

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 (30 - 28) / 7 = 0.836 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{balance} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0320 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,75 \times 0,0320 = 0,0240$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

Direncanakan menggunakan tulangan D 16

$$M_u = 3819,29 \text{ kg.m} = 38192907 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{38192907}{0,90} = 42436563 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{42436563}{1000 \times 92^2} = 5,014$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 5,014}{400}} \right) = 0,0141 \\ &= 0,0141 > \rho_{\text{min}} \dots \dots \dots (\text{digunakan } \rho_{\text{perlu}}) \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan tulangan lentur pelat :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0141 \times 1000 \times 92 = 1296,46 \text{ mm}^2 \\ A_{s_{\text{tul}}} &= 0,25 \times \pi \times d_{\text{tul}}^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 16^2 = 201,062 \end{aligned}$$

Menentukan jarak pasang antar tulangan :

$$\text{Jarak} = \frac{1000}{A_{s_{\text{perlu}}} / A_{s_{\text{tul}}}} = \frac{1000}{1296,46 / 201,062} = 155,09 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan Ø 16 - 150 mm

$$\text{Sehingga } A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{1000}{150} \times 0,25 \times \pi \times 16^2 = 1340,413 \text{ mm}^2.$$

Kontrol Jarak Tulangan Lentur Tangga

- $S_{max} \leq 3 h_f$
 $150 \leq 3 \times 120 = 360$ Jarak tulangan memenuhi
- $S_{max} \leq 2h$
 $150 \leq 2 \times 120 = 240$ Jarak tulangan memenuhi

Keterangan :

- Harga β_1 (Pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013)
- \emptyset (Lentur) = 0.9 (Pasal 9.3.2.1 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Perhitungan Lentur (Pasal 21.5 SNI 2847:2013)
- Kontrol jarak tulangan ` (Pasal 7.6.5 dan Pasal 13.3.2 SNI 2847:2013)

• Desain Tulangan Lentur Pelat Bordes

Data Desain :

- Mutu beton (f'_c) = 30 Mpa
- Tebal Pelat (t) = 120 mm
- Selimut Beton = 20 mm
- Diameter Tulangan = 16 mm
- Kuat Tarik(f_y) = 400 MPa
- $M_u = 3345,58 \text{ kg.m}$ = 33 455 767 Nmm

Tinggi Manfaat Rencana :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - (\frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}}) \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 16 \text{ mm}) \\ &= 92 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menentukan harga

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 (30 - 28) / 7 = 0.836 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0320\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,0320 = 0,0240$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

Direncanakan menggunakan tulangan D 16

$$Mu = 3345,58 \text{ kg.m} = 33\,455\,767 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{33455767}{0,90} = 37173074 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{37173074}{1000 \times 92^2} = 4,39$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 4,39}{400}} \right) = 0,0121 \\ &= 0,0121 > \rho_{\text{min}} \dots \dots \dots (\text{digunakan } \rho_{\text{perlu}})\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan tulangan lentur pelat :

$$\begin{aligned}As_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0121 \times 1000 \times 92 = 1116,39 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As_{\text{tul}} &= 0,25 \times \pi \times d_{\text{tul}}^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 16^2 = 201,062\end{aligned}$$

Menentukan jarak pasang antar tulangan :

$$\text{Jarak} = \frac{1000}{A_{s_{perlu}}/A_{stul}} = \frac{1000}{1116,39/201,062} = 180,10 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan Ø 16 - 150 mm

$$\text{Sehingga } A_{s_{pakai}} = \frac{1000}{150} \times 0,25 \times \pi \times 16^2 = 1340,413 \text{ mm}^2.$$

Kontrol Jarak Tulangan Lentur Pelat Bordes

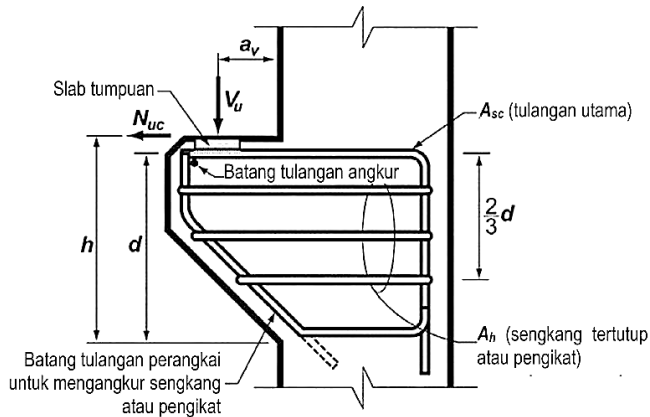
- $S_{max} \leq 3 h_f$
 $150 \leq 3 \times 120 = 360$ *Jarak tulangan memenuhi*
- $S_{max} \leq 2h$
 $150 \leq 2 \times 120 = 240$ *Jarak tulangan memenuhi*

Keterangan :

- $Harga \beta_1$ (Pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013)
- \emptyset (Lentur) = 0.9 (Pasal 9.3.2.1 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Perhitungan Lentur (Pasal 21.5 SNI 2847:2013)
- Kontrol jarak tulangan ` (Pasal 7.6.5 dan Pasal 13.3.2 SNI 2847:2013)

- Perencanaan Konsol

Pada perencanaan sambungan antara pelat bordes dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Pelat bordes diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.43 Geometrik Konsol Pendek

Ketentuan SNI 2847:2013 pasal 11.8 tentang perencanaan konsol pendek yang diatur sebagai berikut :

1. Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi a_v/d tidak lebih besar dari satu, dan dikenai gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc} , tidak lebih besar daripada V_u . Tinggi efektif d harus ditentukan di muka tumpuan.
2. Tinggi di tepi luar luas tumpuan tidak boleh kurang dari $0,5d$.
3. Penampang di muka tumpuan harus didesain untuk menahan secara bersamaan V_u suatu momen terfaktor $V_{ua} + N_{uc}(h-d)$, dan gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc}
 - 1) Dalam semua perhitungan desain yang sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8, ϕ harus diambil sama dengan 0,75
 - 2) Desain tulangan geser-friksi A_{vf} untuk menahan V_u harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.6:
 - a) Untuk beton berat normal, V_n tidak boleh melebihi yang terkecil dari $0,2f'_c b w d$, $(3,3+0,08f'_c)b w d$, dan $11 b w d$.

- b) Untuk beton ringan atau ringan pasir, V_n tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari $\left(0,2 - 0,07 \frac{a}{d}\right) f'_c b_w d$ dan $\left(5,5 - 1,9 \frac{a}{d}\right) b_w d$
 - c) Tulangan A_f untuk menahan terfaktor $[V_u a_v + N_{uc}(h - d)]$ harus dihitung menurut SNI 2847:2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3
 - d) Tulangan A_n untuk menahan gaya Tarik terfaktor N_{uc} harus ditentukan dari $\phi A_n f_y \geq N_{uc}$. Gaya tarik terfaktor, N_{uc} tidak boleh diambil kurang dari $0,2V_u$ kecuali bila ketentuan dibuat untuk menghindari gaya Tarik. N_{uc} harus dianggap sebagai beban hidup bahkan bilamana Tarik yang dihasilkan dari kekangan rangkai, susut, atau perubahan suhu.
 - e) Luas tulangan Tarik utama A_{sc} tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari $(A_f + A_n)$ dan $\left(\frac{2A_{vf}}{3} + A_n\right)$
4. Luas total A_h , sengkang tertutup atau pengikat parallel terhadap tulangan Tarik utama tidak boleh kurang dari $0,5(A_{sc} - A_n)$, Distribusikan A_h secara merata dalam $(2/3)d$ bersebelahan dengan tulangan tarik utama
 5. $\frac{A_{sc}}{b d}$ tidak boleh kurang dari $0,04 \frac{f'_c}{f_y}$
 6. Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama A_s harus diangkur dengan salah satu dari berikut :
 - (a) Dengan las struktur pada batang tulangan transversal dengan sedikit berukuran sama; las didesain untuk mengembangkan f_y tulangan Tarik utama
 - (b) Dengan pembengkokan tulangan tarik utama menjadi bentuk tertutup horizontal atau
 - (c) Dengan suatu cara pengangkurkan baik lainnya
 7. Luas tumpuan pada konsol pendek tidak boleh menonjol melampaui bagian lurus batang tulangan tarik utama A_s , ataupun menonjol melampaui muka dalam dari batang tulangan angkur transversal (bila batang tulangan tersebut disediakan)

a. Data perencanaan

$$V_u = 3317,50 \text{ kg} = 32534,73 \text{ N}$$

Dimensi konsol :

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 40 - 16 = 344 \text{ mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$a_v = 200 \text{ mm}$$

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut :

- $a_v/d = 200 / 344 = 0,581 < 1 \dots \text{OK}$

- $N_{uc} \leq V_u$

$$N_{uc} = 0,2 \times 32534,73 = 6506,95 \text{ N} \leq 32534,73 \text{ N} \dots \text{OK}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser

V_n untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{32534,73}{0,75} = 43379,64 \text{ N}$$

a. Menentukan luas tulangan geser friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada :

$$0,2 f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 30 \times 400 \times 344$$

$$= 1032000 \text{ N} > V_n = 43379,64 \text{ N} \dots \text{OK}$$

$$11 b_w d = 11 \times 400 \times 344$$

$$= 1513600 \text{ N} > V_n = 43379,64 \text{ N} \dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\
 &= \frac{43379,64}{400 \times 1,4} \\
 &= 77,46 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

b. Luas tulangan lentur :

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan Nuc minimum.

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u \times a_v + N_{uc} (h-d) \\
 &= (32534,73 \times 200) + (6506,95 \times (400-344)) \\
 &= 6871334,73 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d^2} = \frac{6871334,73}{0,9 \times 400 \times 344^2} = 0,161$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,161}{400}} \right) = 0,00041
 \end{aligned}$$

$\rho = 0,00041 < \rho_{\min} = 0,0035$, maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0035$

$$A_f = \rho \times b \times d$$

$$A_f = 0,0035 \times 400 \times 341$$

$$A_f = 477,4 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_f = 500 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok As :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{6506,95}{0,75 \times 400} = 27,69$$

c. Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_s = A_f + A_n = 500 + 27,69 = 527,69 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 \times 500}{3} + 27,69 \right) = 361,023 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b \times d = 0,04 \left(\frac{30}{400} \right) 400 \times 344 \\ = 412,80 \text{ mm}^2$$

$A_s = 527,69 \text{ mm}^2$ menentukan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4

$$A_h = 0,5 (A_s - A_n) = 0,5 (527,69 - 27,69) = 250 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 2D16 ($A_s = 402,12 \text{ mm}^2$)

Dipasang sepanjang $(2/3)d = 227,33 \text{ mm}$ (vertikal)

dipasang 2D16 dengan spasi $227,33 / 2 = 113,67 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$

d. Luas pelat landasan :

$$V_u = \phi \times (0,85) \times f_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{32534,73}{0,85 \times 30 \times 0,75} = 1701,16 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $100 \times 100 \text{ mm}^2 = 10000 \text{ mm}^2$ ($t = 15 \text{ mm}$).

Keterangan :

- ϕ (Geser) = 0.75 (Pasal 9.3.2.3 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Tulangan Geser (Pasal 11.1.1 dan Pasal 11.4.7 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Jarak Tulangan Geser (Pasal 11.4.5.1 SNI 2847:2013)

BAB V

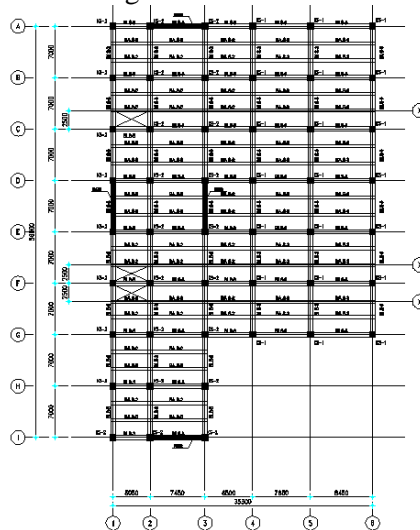
PEMODELAN STRUKTUR

5.1. Permodelan Struktur

Struktur primer merupakan komponen utama yang kekakuannya mempengaruhi perilaku dari gedung tersebut. Struktur ini berfungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral yaitu beban gempa.

5.2. Sistem *Buckling Restrained Braced Frames*

Pemodelan struktur pada tugas akhir ini menggunakan sistem struktur *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan hotel yang terdiri dari 10 lantai hotel dan 1 lantai atap dengan total tinggi struktur 32.2 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



Gambar 5.1 Denah Struktur Golden Tulip Essensial Hotel
Bojonegoro

Pada gambar 5.1 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar. Analisis yang dilakukan pada struktur Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro ini tanpa menggunakan dilatasi. Bentuk struktur yang tidak simetris akan memungkinkan struktur tersebut memiliki respon yang tidak beraturan. Ketidakberaturan respon tentunya dapat menimbulkan torsi pada elemen struktur. Hal ini bisa dikurangi dengan mengatur penempatan bracing BRBF tipe Inverted-V yang dipasang pada tepi bangunan tersebut. sebagai penahan beban lateral.

Permodelan struktur Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada program SAP 2000, struktur gedung akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI 1726:2012 (Gempa) dan SNI-1729-2015 (Baja).

5.3. Pembebanan Struktur Utama

Perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1727:2013, PPIUG 1983, ASCE 7-2002, dan SNI 1726:2012 untuk beban gempa. Perhitungan pembebanan tersebut nantinya sebagai input beban pemodelan struktur.

1. Beban mati (*dead load*)

Beban mati terdiri dari dari berat sendiri elemen struktur dan berat mati tambahan. Berat sendiri dari elemen struktur dihitung secara manual dengan dimensi sesuai perencanaan. Sementara untuk berat mati tambahan (*Superimposed Dead Load*) yang terdiri atas beban merata pada pelat serta beban akibat dinding. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain :

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek sebesar $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa kolom, balok, dan bresing dengan massa jenis sebesar 7850 kg/m^3 .
- Beban dinding bata ringan + plester 2 cm sebesar 101.50 kg/m^2
- Beban Aspal sebesar 14 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm.
- Beban spesi sebesar 22 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm.
- Beban keramik sebesar 24 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm.
- Beban *ducting plumbing* yang ditetapkan sebesar 20 kg/m^2 .
- Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir.

Beban mati yang dihitung pada struktur ini tertera sebagai berikut:

a. Pelat Lantai 11 (Atap)

- Berat Plat Bondex	=	10,10	kg/m^2
- Berat Spesi , t=2 cm	=	42	kg/m^2
- Berat Aspal , t=2 cm	=	28	kg/m^2
- Berat penggantung	=	7	kg/m^2
- Berat plafond	=	11	kg/m^2
- Berat ducting plumbing	=	20	$\text{kg/m}^2 +$
q_D	=	118,10	kg/m^2

b. Pelat Lantai 2-10 (Hotel)

- Berat Plat Bondex	=	10,10	kg/m^2
- Berat Spesi , t=2 cm	=	42	kg/m^2
- Berat Keramik, t=1 cm	=	24	kg/m^2
- Berat penggantung	=	7	kg/m^2
- Berat plafond	=	11	kg/m^2
- Berat ducting plumbing	=	20	$\text{kg/m}^2 +$
q_D	=	114,10	kg/m^2

c. Pelat Lantai 1 (Lobby Hotel)

- Berat Plat Bondex	=	10,10	kg/m ²
- Berat Spesi , t=2 cm	=	42	kg/m ²
- Berat Keramik, t=1 cm	=	24	kg/m ²
- Berat penggantung	=	7	kg/m ²
- Berat plafond	=	11	kg/ m ²
- Berat ducting plumbing	=	20	kg/ m ² +
q_D	=	114,10	kg/m ²

d. Berat Sendiri Profil Baja

Berat sendiri profil baja sudah dihitung otomatis oleh program bantu SAP 2000 pada perencanaan struktur utama.

2. Beban hidup (*live load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban yang kemungkinan akan bekerja pada struktur pada saat-saat tertentu saja selama umur bangunan atau dapat pula bekerja selama umur bangunan dan lokasinya tidak tetap. Reduksi beban hidup untuk bangunan dengan fungsi hotel menurut PPIUG 1983 diambil sebesar 30%. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

a. Lantai Lantai 11 (atap)

$$\text{Beban hidup atap} = 97.64 \text{ kg/m}^2$$

b. Lantai Lantai 3-10 (hotel)

$$\text{Ruang publik dan koridor} = 488,20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ruang kamar hotel} = 195,28 \text{ kg/m}^2$$

c. Lantai Lantai 2 (ruang meeting dan kantor)

$$\text{Ruang meeting dan kantor} = 488,20 \text{ kg/m}^2$$

d. Lantai Lantai 1 (Lobby Hotel)

$$\text{Ruang publik} = 488,20 \text{ kg/m}^2$$

3. Beban gempa (*earthquake load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari dinas Pekerjaan Umum dan sesuai SNI 1726:2012.

5.3.1. Berat Total Bangunan

Perhitungan berat total bangunan ini berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.7.2. Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur Golden Tulip Essensial Hotel yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya geser nya sudah mencapai 80% gaya geser statik.

Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 untuk kombinasi 1D + 1L.

5.3.2. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 1726:2012 sebagai berikut :

1. $1.4 D$
2. $1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1.2 D + 1.0E + 1.0L$
4. $0.9 D + 1.0E$

PENGECUALIAN : Faktor beban untuk L pada kombinasi 3 boleh diambil sama dengan 0,5 kecuali untuk ruangan garasi, ruangan pertemuan dan semua ruangan yang nilai beban hidupnya lebih besar daripada 500 kg/m^2 .

Keterangan :

D : beban mati

L : beban hidup

L_r : beban hidup atap

R : beban hujan

E : beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Dua kombinasi pertama merupakan kombinasi pembebanan yang dipengaruhi oleh beban mati dan hidup saja. Sedangkan dua kombinasi pembebanan berikutnya telah dipengaruhi oleh beban gempa.

5.4. Pembebanan Gempa Dinamis

Pada struktur Golden Tulip Essensial Hotel ini mempunyai jumlah lantai 11 tingkat dengan ketinggian 32.2 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

5.4.1. Klasifikasi Tanah

Untuk mengetahui klasifikasi tanah ada pada kategori tertentu maka dilakukan test penetrasi tanah (SPT) sesuai data tanah daerah Bojonegoro yang menjadi lokasi modifikasi struktur gedung hotel. Menurut SNI 1726:2012 pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai N berdasarkan data hasil SPT. Adapun definisi parameter kelas situs yang menggunakan data SPT dapat dilihat pada SNI 1726:2012 pasal 5.4.2 persamaan (2)

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

Keterangan:

d_i = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter;

$$\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ meter}$$

N_i = tahanan penetrasi standar yang terukur langsung dilapangan.

Berikut merupakan Nilai N untuk Penentuan Jenis Tanah:

- $\tilde{N} \geq 50$ = Tanah Keras
- $15 \leq \tilde{N} < 50$ = Tanah Sedang
- $\tilde{N} < 15$ = Tanah Lunak

Tabel 5.1 Hasil Data Tanah Berdasarkan N-SPT

Dept (m)	di	Ni	di/Ni
0	0	0	0
3	3	7	0.429
6	3	6	0.5
9	3	4	0.750
12	3	11	0.273
15	3	18	0.166667
18	3	30	0.1
21	3	10	0.300
24	3	25	0.120
27	3	25	0.120
30	3	38	0.079
Σ	30	174	2.836913
N rata-rata			10.57

$\bar{N} = 10.57 < 15$ (Tanah Lunak)

Dari data tersebut didapatkan bahwa jenis tanahnya yang akan digunakan dalam perhitungan beban gempa adalah Tanah Lunak (SE).

5.4.2. Lantai Tingkat Sebagai Diafragma

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.3.1.2 bahwa lantai dengan dek metal yang diberi penutup *topping* beton dapat dianggap kaku dalam bidangnya dan karenanya dapat dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal.

5.4.3. Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

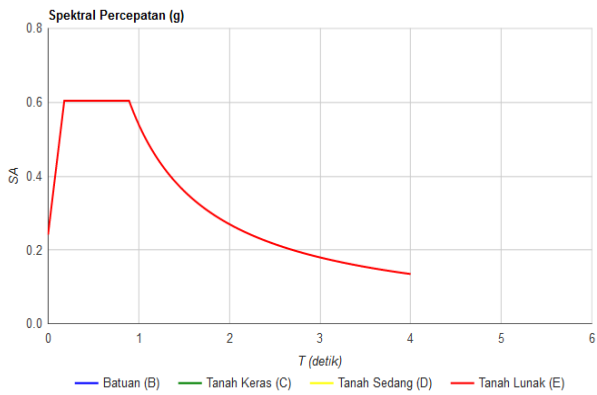
- Gempa Respon Spektrum X :
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

5.4.4. Parameter Respons Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Pada tugas akhir ini, perhitungan gaya gempa digunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012 pasal 5.3. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Bojonegoro dengan kondisi tanah lunak (kelas situs SE) yang sudah diperhitungkan dan disesuaikan dengan kategori definisi kelas situs :

Tabel 5.2 Parameter Respon Gempa Wilayah Bojonegoro untuk Kelas Situs SE (Tanah Lunak)

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.356
S_s (g)	0.725
S_1 (g)	0.282
C_{RS}	0.996
C_{RI}	0.925
F_{PGA}	1.031
F_A	1.249
F_V	2.872
PSA (g)	0.367
S_{MS} (g)	0.906
S_{M1} (g)	0.810
S_{DS} (g)	0.604
S_{D1} (g)	0.540
T_0 (detik)	0.179
T_s (detik)	0.894



Gambar 5.8 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Bojonegoro

5.4.5. Faktor Reduksi Gempa (R)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Binding geser plat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30

Gedung ini direncanakan dengan sistem rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk dengan tinggi bangunan rencana 32.2 m. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5, nilai koefisien modifikasi respon (R) = 8 dan nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 2,5.

5.4.6. Faktor Keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hotel. Pada tabel 1 SNI 1726:2012 bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai $I = 1,0$.

5.5. Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol berat bangunan hasil manual dengan SAP2000
- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*).
- Kontrol pengaruh P-delta.
- Kontrol tipe ketidakberaturan torsi

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

5.5.1. Kontrol Berat Bangunan Hasil Manual dengan SAP2000

Dengan membatasi agar pemodelan yang direncanakan sesuai dengan yang diharapkan. Maka, perbandingan berat hasil dari perhitungan manual dibandingkan dengan output hasil dari SAP2000 tidak boleh lebih besar dari 5%. Hasil dari perhitungan manual didapat berat bangunan dari berat sendiri struktur beserta beban mati dan hidup tambahan didapat sebesar 480486.63 kg. sedangkan, hasil output SAP2000 didapatkan berat total struktur sebesar 8575228.38 kg. selisih dari kedua hasil hitungan tersebut sebesar $0.564 \% < 5\%$. Anggapan dan asumsi beban yang dimodelkan sesuai dengan yang direncanakan.

5.5.2. Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Dari tabel di bawah didapat partisipasi massa arah X sebesar 90.6% pada modal ke 19 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90.4% pada modal ke 20. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 5.4 berikut :

Tabel 5.3 Rasio Partisipasi Massa Golden Tulip Essensial Hotel
Bojonegoro

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.609	0.001218	0.000001517
MODAL	Mode	2	0.611	0.614	0.000001602
MODAL	Mode	3	0.614	0.637	0.000001603
MODAL	Mode	4	0.755	0.637	0.00001116
MODAL	Mode	5	0.755	0.762	0.00001147
MODAL	Mode	6	0.757	0.768	0.00001149
MODAL	Mode	7	0.804	0.768	0.00001307
MODAL	Mode	8	0.804	0.769	0.0000131
MODAL	Mode	9	0.804	0.769	0.00001322
MODAL	Mode	10	0.805	0.769	0.00001471
MODAL	Mode	11	0.805	0.769	0.0002937
MODAL	Mode	12	0.852	0.77	0.0002968
MODAL	Mode	13	0.853	0.86	0.0002968
MODAL	Mode	14	0.855	0.86	0.0002971
MODAL	Mode	15	0.855	0.86	0.001523
MODAL	Mode	16	0.855	0.86	0.121
MODAL	Mode	17	0.855	0.86	0.248
MODAL	Mode	18	0.871	0.887	0.248
MODAL	Mode	19	0.906	0.9	0.248
MODAL	Mode	20	0.906	0.904	0.249
MODAL	Mode	21	0.906	0.906	0.25
MODAL	Mode	22	0.906	0.906	0.25
MODAL	Mode	23	0.913	0.922	0.25
MODAL	Mode	24	0.93	0.927	0.25
MODAL	Mode	25	0.93	0.939	0.25

5.5.3. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} .

Struktur gedung Golden Tulip Essensial Hotel memiliki tinggi 32.2 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk sehingga pada tabel.15 dan tabel 14 SNI 1726:2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0731$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 32.2 \text{ m}$$

maka :

$$\begin{aligned} T &= 0.0731 \times 32.2^{0.75} \\ &= 0.988 \text{ s} \end{aligned}$$

Nilai $C_u = 1.40$, didapat dari tabel 14 SNI 1726:2012, untuk nilai $S_{D1} = 0.54$, maka :

$$C_u \times T = 1.4 \times 0.988 = 1.383 \text{ s}$$

Dari tabel hasil analisa program bantu SAP 2000 di bawah didapat $T_1 = 1.146 \text{ s}$ dan $T_2 = 1.002 \text{ s}$. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T$. Jadi analisis struktur Golden Tulip Essensial Hotel masih memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.

Tabel 5.4 Periode dan Frekuensi Struktur Hasil SAP2000

OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	1.145856
MODAL	Mode	2	1.001949
MODAL	Mode	3	0.931752
MODAL	Mode	4	0.351941
MODAL	Mode	5	0.31688
MODAL	Mode	6	0.295129
MODAL	Mode	7	0.186652
MODAL	Mode	8	0.18172
MODAL	Mode	9	0.181117
MODAL	Mode	10	0.180651
MODAL	Mode	11	0.176795
MODAL	Mode	12	0.174904
MODAL	Mode	13	0.172022
MODAL	Mode	14	0.158985
MODAL	Mode	15	0.141428
MODAL	Mode	16	0.124706
MODAL	Mode	17	0.120185
MODAL	Mode	18	0.110769
MODAL	Mode	19	0.110239
MODAL	Mode	20	0.101298
MODAL	Mode	21	0.097184
MODAL	Mode	22	0.093411
MODAL	Mode	23	0.070814
MODAL	Mode	24	0.070573
MODAL	Mode	25	0.052571

5.5.4. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{SD_s}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.604}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.076$$

Dan nilai C_s tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_{sx} = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.540}{1.146\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.059$$

$$C_{sy} = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.540}{1.002\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.067$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0.044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0.044 \times 0.604 \times 1 \\ &= 0.027 \end{aligned}$$

Maka, nilai C_{sx} dipakai = 0.059 dan C_{sy} dipakai = 0.067

Dari perhitungan manual yang sudah diperhitungkan, didapatkan nilai berat total struktur gedung Golden Tulip Essensial Hotel adalah $W_t = 4804896.63 \text{ kg}$. Maka :

$$\begin{aligned} V_{sx} &= C_{sx} \cdot W_{t \text{ manual}} \\ &= 0.059 \times 4804896.63 \text{ kg} \\ &= 283010.93 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{sy} &= C_{sy} \cdot W_{t \text{ manual}} \\ &= 0.067 \times 4804896.63 \text{ kg} \\ &= 323693.16 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.5 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
RS-X	Max	223536.11	12057.08	961.42
RS-Y	Max	12124.93	254645.37	558.24

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$223536.11 \text{ kg} > 85\% \times 283010.93 \text{ kg}$$

$$223536.11 \text{ kg} < 240559.28 \text{ kg} \quad (\text{Not OK...!})$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$254645.37 \text{ kg} > 85\% \times 323683.16 \text{ kg}$$

$$254645.37 \text{ kg} < 275130.68 \text{ kg} \quad (\text{Not OK...!})$$

Dari kontrol di atas, analisis Gedung Golden Tulip Essensial Hotel masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala yang ditentukan dengan $\frac{0.85 \times V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik}}}$. Pada masing – masing arah.

Tabel 5.6 Faktor Skala Gempa Dinamik

	Vx dinamis	Vy dinamis	Faktor Skala	
	(kg)	(kg)	Fx	Fy
V dinamis	223536.11		1.076	
0.85 x Vstatik	240559.29			
V dinamis		254645.37		1.080
0.85 x Vstatik		275130.68		

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

Tabel 5.7 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala

OutputCase	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
RS-X	Max	240648.07	83251.94	1050.47
RS-Y	Max	73911.07	276218.15	681.51

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$240648.07 \text{ kg} > 85\% \times 283010.93 \text{ kg}$$

$$240648.07 \text{ kg} > 240559.28 \text{ kg} \quad (\text{OK.....!})$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$276218.15 \text{ kg} > 85\% \times 323683.16 \text{ kg}$$

$$276218.15 \text{ kg} > 275130.68 \text{ kg} \quad (\text{OK.....!})$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur Golden Tulip Essensial Hotel masih memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.

5.5.5. Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = C_d \times \delta_{e1} / I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \times C_d / I$$

Dimana :

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem rangka baja dengan sistem rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk, dari tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai $C_d = 5$ dan dari tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai $I = 1.0$. Dari tabel 16 SNI 1726:2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0.020 \times h_{sx}$$

Dimana :

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 3,1 m, simpangan ijinnya adalah

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,020 \cdot 3,1 \\ &= 0,062 \text{ m} \\ &= 62 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Untuk tinggi tingkat 3,5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,020 \cdot 3,5 \\ &= 0,070 \text{ m} \\ &= 70 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Untuk tinggi tingkat 4 m, simpangan ijinnya adalah

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,020 \cdot 4,0 \\ &= 0,080 \text{ m} \\ &= 80 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

Tabel 5.8 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Arah X

Lantai	Elevasi	h_i	Total Drift	δ_{xe}	Δ	Δ_a ijin	CEK
	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Roof	32.2	4000	34.04	3.38	16.90	80	OK
10	28.2	4000	30.66	3.77	18.83	80	OK
9	25.1	3100	26.89	2.75	13.75	62	OK
8	22	3100	24.15	4.42	22.10	62	OK
7	18.9	3100	19.72	3.90	19.52	62	OK
6	15.8	3100	15.82	4.38	21.90	62	OK
5	12.7	3100	11.44	4.16	20.82	62	OK
4	9.6	3100	7.28	3.61	18.04	62	OK
3	6.5	3100	3.67	2.73	13.63	62	OK
2	3	3500	0.95	0.95	4.73	70	OK
1	0	3000	0	0	0	60	OK

Tabel 5.9 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Arah Y

Lantai	Elevasi	h_i	Total Drift	δ_{xe}	Δ	$\Delta_{a \text{ ijin}}$	CEK
	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Roof	32.2	4000	24.43	2.02	10.09	80	OK
10	28.2	4000	22.42	1.82	9.10	80	OK
9	25.1	3100	20.60	2.24	11.22	62	OK
8	22	3100	18.35	2.69	13.47	62	OK
7	18.9	3100	15.66	3.08	15.41	62	OK
6	15.8	3100	12.58	3.24	16.20	62	OK
5	12.7	3100	9.34	3.22	16.09	62	OK
4	9.6	3100	6.12	1.36	6.81	62	OK
3	6.5	3100	4.76	3.91	19.57	62	OK
2	3	3500	0.84	0.84	4.21	70	OK
1	0	3000	0	0	0	60	OK

Dari hasil kontrol simpangan antar lantai tabel di atas maka analisis struktur Golden Tulip Essensial Hotel memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1

5.5.6. Kontrol Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.7 pengaruh P-delta harus diperhitungkan bila koefisien stabilitas (ϕ) ≥ 0.1 . Untuk melakukan perhitungan kontrol pengaruh P-Delta, diperlukan perhitungan distribusi vertikal beban gaya gempa arah x dan arah y terlebih dahulu.

- Menghitung Distribusi Vertikal Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.3, distribusi vertikal beban gempa ditentukan dengan menghitung gaya gempa pada tiap lantai F_i . Selanjutnya nilai F_i dikalikan dengan faktor distribusi vertikal C_{vx} sesuai untuk mendapatkan nilai V_i

$$F_i = C_v \cdot V$$

$$C_v = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Dimana :

C_v = Faktor distribusi vertikal

w_i dan w_x = Bagian dari berat total seismik efektif struktur (W) yang ditempatkan pada tingkat i atau x (kg)

h_i dan h_x = Tinggi dari dasar ke tingkat i atau x (m)

k = Eksponen yang terkait dengan periode struktur yang nilainya sebagai berikut :

- untuk struktur dengan periode $\leq 0.5s$, $k = 1$
- untuk struktur dengan periode $\geq 2.5s$, $k = 2$
- untuk struktur dengan periode antara 0.5s sampai 2.5s
 $k = 2$ atau ditetapkan dengan interpolasi antara 1 da 2.

Dari hasil analisis struktur didapatkan, $T_{cx} = 1.146$, maka nilai k_x adalah sebagai berikut :

$$k_x = 1 + \frac{1.146-0.5}{2.5-0.5} (2 - 1) = 1.323$$

Dan $T_{cy} = 1.002$, maka nilai k_y adalah sebagai berikut :

$$K_y = 1 + \frac{1.002-0.5}{2.5-0.5} (2 - 1) = 1.251$$

Maka besarnya distribusi beban geser akibat gempa dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10

Tabel 5.10 Gaya Gempa Arah X Tiap Lantai

Lantai	hi	hi ^k	Wi	Wi x hi ^k	Cvx	Fix	Vx
	(m)	(m)	(kg)	(kg)		(kg)	(kg)
Roof	32.2	98.83	364399.06	36013934.63	0.18	52025.30	52025.30
10	28.2	82.92	439390.25	36435940.35	0.19	52634.93	104660.23
9	25.1	71.08	418754.76	29766522.10	0.15	43000.37	147660.60
8	22	59.71	418754.76	25002588.21	0.13	36118.44	183779.04
7	18.9	48.84	418754.76	20451196.82	0.10	29543.56	213322.59
6	15.8	38.53	406358.67	15657876.21	0.08	22619.18	235941.78
5	12.7	28.86	413803.65	11943363.29	0.06	17253.24	253195.02
4	9.6	19.93	413803.65	8247819.75	0.04	11914.70	265109.72
3	6.5	11.90	777982.11	9256652.96	0.05	13372.05	278481.77
2	3	4.28	732894.94	3135256.97	0.02	4529.16	283010.93
1	0	-	-	-	-	-	-
Total		464.89	4804896.629	195911151.29	1.00	283010.93	

Tabel 5.11 Gaya Gempa Arah Y Tiap Lantai

Lantai	hi	hi ^k	Wi	Wi x hi ^k	Cvy	Fiy	Vy
	(m)	(m)	(kg)	(kg)		(kg)	(kg)
Roof	32.2	76.97	364399.06	28048197.00	0.18	50354.66	50354.66
10	28.2	65.20	439390.25	28649170.14	0.18	51433.58	101788.24
9	25.1	56.36	418754.76	23602151.13	0.15	42372.71	144160.95
8	22	47.79	418754.76	20013845.14	0.13	35930.66	180091.61
7	18.9	39.52	418754.76	16550589.93	0.10	29713.11	209804.73
6	15.8	31.59	406358.67	12835995.17	0.08	23044.34	232849.07
5	12.7	24.04	413803.65	9946098.93	0.06	17856.14	250705.20
4	9.6	16.94	413803.65	7008347.58	0.04	12582.02	263287.22
3	6.5	10.40	777982.11	8089547.33	0.05	14523.09	277810.31
2	3	3.95	732894.94	2896812.67	0.01	4184.70	281995.01
1	0	-	-	-	-	-	-
Total		372.76	4804896.629	157640755.04	1.00	281995.01	

- Kontrol Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.7 pengaruh P-delta harus diperhitungkan dengan menggunakan persamaan 35 pada SNI 1726:2012. Pengaruh P-Delta tidak di isyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (ϕ) ≤ 0.1

$$\phi = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d}$$

Dimana :

P_x = Beban vertikal total pada lantai x (kg)

Δ = Simpangan antar lantai tingkat yang terjadi secara serentak dengan V_x (mm)

V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antar tingkat x dan x-1 (kg)

I_e = Faktor keutamagan gempa

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x (mm)

C_d = Faktor pembesaran defleksi

Berdasarkan persamaan diatas didapatkan hasil perhitungan koefisien stabilitas yang diperlihatkan pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12

Tabel 5.11 Perhitungan Koefisien Stabilitas (ϕ) Arah X

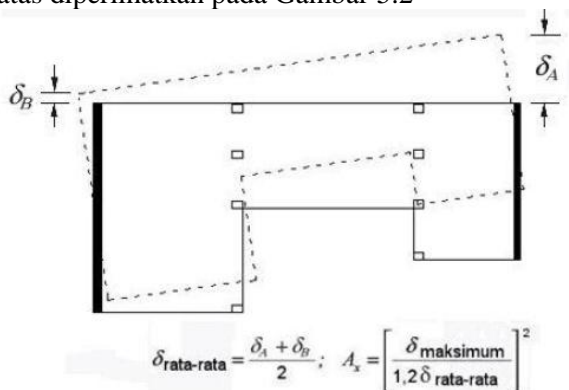
Lantai	Story drift	Ie	hsy	Cd	Vx	Beban Px	Stability Ratio	Pengaruh P-Delta
	(mm)		(mm)		(kg)	(kg)	(θ)	
Atap	16.90	1	4000	5	52025.303	364399.065	0.0059	diabaikan
Lantai 10	18.83	1	4000	5	104660.231	803789.311	0.0072	diabaikan
Lantai 9	13.75	1	3100	5	147660.596	1222544.076	0.0073	diabaikan
Lantai 8	22.10	1	3100	5	183779.038	1641298.840	0.0127	diabaikan
Lantai 7	19.52	1	3100	5	213322.595	2060053.605	0.0122	diabaikan
Lantai 6	21.90	1	3100	5	235941.777	2466412.274	0.0148	diabaikan
Lantai 5	20.82	1	3100	5	253195.018	2880215.926	0.0153	diabaikan
Lantai 4	18.04	1	3100	5	265109.721	3294019.579	0.0145	diabaikan
Lantai 3	13.63	1	3100	5	278481.772	4072001.691	0.0129	diabaikan
Lantai 2	4.73	1	3500	5	283010.927	4804896.629	0.0046	diabaikan
Lantai 1	0.00	1	3000	5	-	-	-	-

Tabel 5.12 Perhitungan Koefisien Stabilitas (ϕ) Arah Y

Lantai	Story drift	Ie	hsy	Cd	Vy	Beban Py	Stability Ratio	Pengaruh P-Delta
	(mm)		(mm)		(kg)	(kg)	(θ)	
Atap	10.09	1	4000	5	50354.658	364399.065	0.0037	diabaikan
Lantai 10	9.10	1	4000	5	101788.236	803789.311	0.0036	diabaikan
Lantai 9	11.22	1	3100	5	144160.951	1222544.076	0.0061	diabaikan
Lantai 8	13.47	1	3100	5	180091.614	1641298.840	0.0079	diabaikan
Lantai 7	15.41	1	3100	5	209804.728	2060053.605	0.0098	diabaikan
Lantai 6	16.20	1	3100	5	232849.067	2466412.274	0.0111	diabaikan
Lantai 5	16.09	1	3100	5	250705.202	2880215.926	0.0119	diabaikan
Lantai 4	6.81	1	3100	5	263287.221	3294019.579	0.0055	diabaikan
Lantai 3	19.57	1	3100	5	277810.307	4072001.691	0.0185	diabaikan
Lantai 2	4.21	1	3500	5	281995.008	4804896.629	0.0041	diabaikan
Lantai 1	0.00	1	3000	5	-	-	-	-

5.5.7. Kontrol Tipe Ketidakberaturan Torsi

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.4.3 menyebutkan struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C, D, E atau F, dimana ketidakberaturan torsi tipe 1a atau 1b terjadi seperti didefinisikan dalam Tabel 10 SNI 1726:2012 harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan. Karena struktur Gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro termasuk dalam kategori desain sesimik D maka diperlukan kontrol terlebih dahulu terhadap ketidakberaturan torsi 1a atau 1b seperti seperti yang didefinisikan dalam Tabel 10 SNI 1726:2012. Ilustrasi dari uraian diatas diperlihatkan pada Gambar 5.2



Gambar 5.2 Pembesaran torsi tak terduga (A_x)

Dimana :

δ_A atau δ_{max} dan δ_B atau δ_{min} dihitung berdasarkan simpangan akibat beban spektra.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 10 struktur dikategorikan ketidakberaturan torsi 1a dan 1b bila ketentuan dibawah ini terpenuhi :

- $\delta_{max} < 1.2 \delta_{avg}$: Tanpa Ketidakberaturan Torsi
- $1.2 \delta_{avg} < \delta_{max} < 1.4 \delta_{avg}$: Ketidakberaturan Torsi 1a
- $\delta_{max} > 1.4 \delta_{avg}$: Ketidakberaturan Torsi 1b

Tabel 5.13 Perhitungan Tipe Ketidakberaturan Torsi Arah X

Lantai	δ_{\max}	δ_{\min}	δ_{avg}	$1.2 \delta_{\text{avg}}$	$1.4 \delta_{\text{avg}}$	CEK
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Roof	31.756	26.821	29.289	35.146	41.004	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
10	28.589	23.904	26.247	31.496	36.745	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
9	25.773	21.337	23.555	28.266	32.977	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
8	22.498	18.393	20.445	24.534	28.624	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
7	18.774	15.091	16.933	20.319	23.706	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
6	14.731	11.564	13.148	15.777	18.407	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
5	10.650	8.075	9.362	11.235	13.107	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
4	6.772	4.864	5.818	6.981	8.145	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
3	3.451	2.800	3.126	3.751	4.376	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
2	0.879	0.684	0.782	0.938	1.095	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
1	0	0	0	0	0	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Tabel 5.14 Perhitungan Tipe Ketidakberaturan Torsi Arah X

Lantai	δ_{\max}	δ_{\min}	δ_{avg}	$1.2 \delta_{\text{avg}}$	$1.4 \delta_{\text{avg}}$	CEK
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Roof	22.628	21.655	22.141	26.570	30.998	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
10	20.758	19.760	20.259	24.311	28.362	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
9	19.072	18.053	18.562	22.275	25.987	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
8	16.994	15.960	16.477	19.772	23.068	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
7	14.499	13.464	13.981	16.778	19.574	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
6	11.644	10.641	11.143	13.371	15.600	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
5	8.644	7.718	8.181	9.817	11.454	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
4	5.665	4.882	5.273	6.328	7.382	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
3	2.980	2.275	2.627	3.153	3.678	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
2	0.780	0.556	0.668	0.802	0.935	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
1	0	0	0	0	0	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

6.1. Perencanaan Elemen Struktur Primer

6.1.1. Balok Induk

6.1.1.1 Balok Induk Memanjang

Balok induk memanjang direncanakan menggunakan profil WF 700 × 300 × 13 × 24

$$\begin{array}{llll}
 W &= 184.87 \text{ kg/m} & r &= 28 \text{ mm} & h_w &= 700-2(24+28) \\
 A &= 215.5 \text{ cm}^2 & Z_x &= 6249 \text{ cm}^3 & &= 596 \text{ mm} \\
 t_w &= 13 \text{ mm} & i_y &= 7.08 \text{ cm} & b_f &= 300 \text{ mm} \\
 t_f &= 24 \text{ mm} & I_x &= 201000 \text{ cm}^4 & & \\
 d &= 700 \text{ mm} & I_y &= 10800 \text{ cm}^4 & &
 \end{array}$$

- a. Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$M_u = 42286.63 \text{ kgm} \quad f = 0.278 \text{ cm}$$

$$V_u = 32482.67 \text{ kg}$$

$$N_u = 0 \text{ kg}$$

- b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 24} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6.25 \leq 10.96 \rightarrow \text{Penampang Sayap Kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{596}{13} = 45.85$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 45.85 \leq 106.35 \rightarrow \text{Penampang Badan Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 6249 = 15622500 \text{ kgcm} \\ &= 156225 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 156225 \\ &= 140602.5 \text{ kgm} > 42286.63 \text{ kgm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga

$$L_b = 250 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 7.08 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 352.45 \text{ cm}$$

$$L_b = 250 \text{ cm} \leq L_p = 352.45 \text{ cm} \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 6249 = 15622500 \text{ kgcm} \\ &= 156225 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 156225 \\ &= 140602.5 \text{ kgm} > 42286.63 \text{ kgm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{596}{13} = 45.85 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 45.85 \leq 69.57$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (70 \times 1.3) \times 1.00 = 136500 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0.9 \times 136500 \\ &= 122858 \text{ kg} > 32482.67 \text{ kg} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

d. Kontrol lendutan

$$L = 700 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1.944 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f_{terjadi} = 0.278 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} = 0.278 \text{ cm} \leq f_{ijin} = 1.944 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

6.1.1.2 Balok Induk Melintang

Balok induk melintang direncanakan menggunakan profil WF 700 × 300 × 13 × 24

$W = 184.87 \text{ kg/m}$	$r = 28 \text{ mm}$	$h_w = 700 - 2(24 + 28)$
$A = 215.5 \text{ cm}^2$	$Z_x = 6249 \text{ cm}^3$	$= 596 \text{ mm}$
$t_w = 13 \text{ mm}$	$i_y = 7.08 \text{ cm}$	$b_f = 300 \text{ mm}$
$t_f = 24 \text{ mm}$	$I_x = 201000 \text{ cm}^4$	
$d = 700 \text{ mm}$	$I_y = 10800 \text{ cm}^4$	

- a. Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$Mu = 25992.52 \text{ kgm} \quad f = 0.241 \text{ cm}$$

$$Vu = 12188.33 \text{ kg}$$

$$Nu = 0 \text{ kg}$$

- b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 24} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6.25 \leq 10.96 \rightarrow \text{Penampang Sayap Kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{596}{13} = 45.85$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 45.85 \leq 106.35 \rightarrow \text{Penampang Badan Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 6249 = 15622500 \text{ kgcm} \\ &= 156225 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 156225$$

$$= 140602.5 \text{ kgm} > 25992.52 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak shear connector

$$L_b = 60 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 7.08 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 352.45 \text{ cm}$$

$$L_b = 60 \text{ cm} \leq L_p = 352,45 \text{ cm} \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 6249 = 15622500 \text{ kgcm} \\ &= 156225 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 156225 \\ &= 140602.5 \text{ kgm} > 25992.52 \text{ kgm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- c. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{596}{13} = 45.85 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 45.85 \leq 69.57$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (70 \times 1.3) \times 1.00 = 136500 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0.9 \times 136500 \\ &= 122858 \text{ kg} > 12188.33 \text{ kg} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- d. Kontrol lendutan

$$L = 505 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{505}{360} = 1.403 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f_{\text{terjadi}} = 0.241 \text{ cm}$$

$$f_{\text{terjadi}} = 0.241 \text{ cm} \leq f_{\text{ijin}} = 1.403 \text{ cm} \quad \dots \text{OK !}$$

Keterangan :

- Pelat Sayap dan Badan (Tabel B4.1 SNI 1729:2015)
- Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Bentang Pendek (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)
- Kontrol Geser (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)
- Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Tabel 6.1 Resume Hasil Perhitungan Balok Induk Lt.2 - Atap

Lantai	Panjang	Tipe	Profil WF d.b.tw.tf				
			d	b	tw	tf	w
	m		mm	mm	mm	mm	kg/m
Lantai 8 ~ Lantai Atap	7	B1.S-1	500	200	10	16	89.65
	5.05	B1.S-1	500	200	10	16	89.65
	7.45	B1.S-1	500	200	10	16	89.65
Lantai 4 ~ Lantai 7	7	B1.S-2	600	200	11	17	105.5
	5.05	B1.S-2	600	200	11	17	105.5
	7.45	B1.S-2	600	200	11	17	105.5
Lantai 2 ~ Lantai 3	7	B1.S-3	700	300	13	24	184.87
	5.05	B1.S-3	700	300	13	24	184.87
	7.45	B1.S-3	700	300	13	24	184.87
	6.50	B1.S-3	700	300	13	24	184.87
	7.85	B1.S-3	700	300	13	24	184.87
	8.45	B1.S-3	700	300	13	24	184.87

6.1.2. Kolom

6.1.2.1 Kolom Lantai 1-5

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 600 × 600 × 16 dan panjang kolom 350 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$d = 600 \text{ mm}$	$Z_x = 6770 \text{ cm}^3$
$b_f = 600 \text{ mm}$	$I_x = 203000 \text{ cm}^4$
$t_w = 16 \text{ mm}$	$I_y = 203000 \text{ cm}^4$
$t_f = 16 \text{ mm}$	$i_x = 32.01 \text{ cm}$
$r = 45 \text{ mm}$	$i_y = 32.01 \text{ cm}$
$A = 362.80 \text{ cm}^2$	$h = 568 \text{ mm}$
$w = 288.22 \text{ kg/cm}$	

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut :

$$P_u = 515976.30 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 14771.40 \text{ kgm}$$

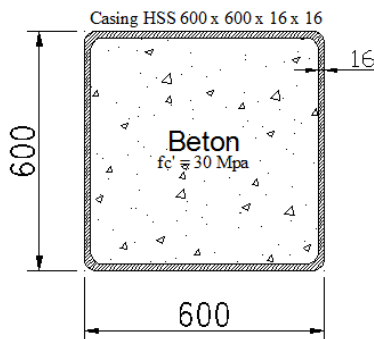
$$M_{uy} = 17412.40 \text{ kgm}$$

Bahan :

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f'_c = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 6.1 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS 600 × 600 × 16

a. Kuat nominal tekan kolom komposit

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{362.8}{3226.24 + 362.8} \times 100\% = 10.11\% \geq 4\% \quad \text{.....OK}$$

- Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$t_{\min} = 600 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 2 \times 10^5}} = 12.25 \text{ mm} \leq 16 \text{ mm} \quad \text{.....OK}$$

- Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{600}{2 \times 16} = 18.75$$

$$\lambda_{pf} = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.92$$

$$\lambda = 18.75 < \lambda_{pf} = 63.92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 362.80 + 0.85 \times 300(3226.24 + 0)$$

$$P_p = P_o = 1729691.20 \text{ kg}$$

b. Momen nominal kolom

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{600}{2 \times 16} = 18.75$$

$$\lambda_{pf} = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.12 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 31.68$$

$$\lambda = 1.12 < \lambda_{pf} = 31.68 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 6770 = 16925000 \text{ kgcm} \\ &= 169250 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 169250 \geq M_u \\ &= 152325 \text{ kgm} \geq M_u = 17412.40 \text{ kg.m} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom- d_{balok}

$$L_b = 350 - 70 = 280 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 23.70 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 1179.79 \text{ cm}$$

$$L_b = 280 \text{ cm} \leq L_p = 1179.79 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 6770 = 16925000 \text{ kgcm} \\ &= 169250 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 169250 \geq M_u \\ &= 152325 \text{ kgm} \geq M_u = 17412.40 \text{ kg.m} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

- c. Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}}$$

- Arah sumbu X :

- Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 6220.64 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 14771.40 \text{ kgm}$$

$$M_{nt} = 2724.04 \text{ kgm}$$

$$M_{lt} = 14771.40 \text{ kgm}$$

$$C_m = 0.432$$

$$P_{e1} = 32710689 \text{ kg}$$

$$B_1 = 0.438 < 1.0 \text{ maka digunakan } 1.0$$

- Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{story} = 515976.30 \text{ kg}$$

$$P_{mf} = 0 \text{ kg (karena memakai sistem berbracing)}$$

$$\begin{aligned}
 R_{mf} &= 1 - 0.015 (P_{mf} / P_{story}) \\
 &= 1 - 0.015 (0 / 515976.30) = 1 \\
 \Delta H &= 4.73 \text{ mm } \quad (\text{simpangan lantai 1 arah x}) \\
 H &= 6988.80 \text{ kg } \quad (\text{geser tingkat dari gaya lateral}) \\
 P_{e \text{ story}} &= R_M \times \frac{HL}{\Delta_H} = 1 \times \frac{6988.80 \times 3500}{4.73} \\
 &= 5172225.68 \text{ kg} \\
 B_2 &= 1.11 \geq 1.0 \text{ maka digunakan } 1.11
 \end{aligned}$$

- Momen terfaktor pada sumbu X

$$\begin{aligned}
 M_{rx} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\
 M_{rx} &= (1.0 \times 2724.04) + (1.11 \times 14771.40) \\
 &= 19132.314 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

• Arah sumbu Y :

- Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 M_1 &= 5150.79 \text{ kgm} \\
 M_2 &= 17412.40 \text{ kgm} \\
 M_{nt} &= 599.54 \text{ kgm} \\
 M_{lt} &= 17412.40 \text{ kgm} \\
 C_m &= 0.482 \\
 P_{e1} &= 32710689 \text{ kg} \\
 B_1 &= 0.489 < 1.0 \text{ maka digunakan } 1.0
 \end{aligned}$$

- Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{story} &= 515976.30 \text{ kg} \\
 P_{mf} &= 0 \text{ kg } \quad (\text{karena memakai sistem berbracing}) \\
 R_{mf} &= 1 - 0.015 (P_{mf} / P_{story}) \\
 &= 1 - 0.015 (0 / 515976.30) = 1 \\
 \Delta H &= 4.21 \text{ mm } \quad (\text{simpangan lantai 1 arah y}) \\
 H &= 7516.68 \text{ kg } \quad (\text{geser tingkat dari gaya lateral})
 \end{aligned}$$

$$P_{e \text{ story}} = R_M \times \frac{HL}{\Delta_H} = 1 \times \frac{7516.68 \times 3500}{4.21}$$

$$= 6243719.41 \text{ kg}$$

$$B_2 = 1.09 \geq 1.0 \text{ maka digunakan } 1.09$$

- Momen terfaktor pada sumbu Y

$$M_{ry} = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

$$M_{ry} = (1.0 \times 599.54) + (1.09 \times 17412.40)$$

$$= 19580.513 \text{ kg.m}$$

- Kuat aksial orde kedua

$$P_{nt} = 445572.29 \text{ kg}$$

$$P_{lt} = 515976.30 \text{ kg}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 \times P_{lt}$$

$$P_r = 445572.29 + (1.11 \times 515976.30)$$

$$= 1010924.11 \text{ kgm}$$

d. Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi_c \times P_n} = \frac{1010924.11}{0.9 \times 1729691.20} = 0.649 \geq 0.2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{1010924.11}{1556722.08} + \frac{8}{9} \left[\frac{19132.31}{152325} + \frac{19580.51}{152325} \right] = 0.664 \leq 1.0$$

Hasil kontrol interaksi yaitu $0.664 \leq 1.00$, maka kolom termasuk ekonomis dan dapat dipakai.

Keterangan :

- Kontrol Penampang Komposit (Pasal I2 Ayat 2.2a SNI 1729:2015)
- Penampang Kompak Komposit (Tabel I1.1B SNI 1729: 2015)
- Kekuatan Tekan Komposit (Pasal I2 Ayat 2.2b SNI 1729:2015)
- Penampang Kompak Profil HSS (Tabel B4.1b SNI 1729: 2015)

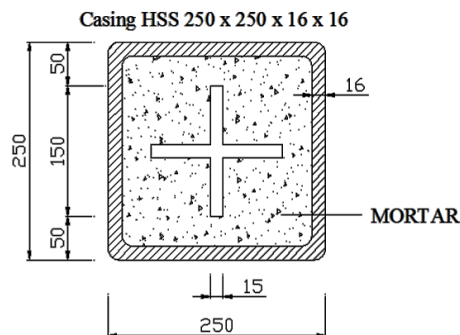
- *Bentang Pendek* (*Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015*)
- *Persyaratan Desain* (*Bab B Pasal 3 SNI 1729:2015*)
- $\phi = 0,9$ (*Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015*)
- *Kekuatan Lentur dan aksial orde 2* (*Lampiran 8 SNI 1729: 2015*)
- *Kekuatan Interaksi aksial-momen* (*Pasal H1 ayat 1 SNI 1729: 2015*)

Tabel 6.2 Resume Hasil Perhitungan Kolom Lt.1 - Atap

Lantai	Panjang	Tipe	CFT dengan Profil HSS				
			d	b	tw	tf	w
	m		mm	mm	mm	mm	kg/m
Lantai 6 ~ Lantai Atap	4	KS-1	500	500	16	16	237.98
	3.1	KS-1	500	500	16	16	298.80
Lantai 1 ~ Lantai 5	6.5	KS-1	500	500	16	16	237.98
	3	KS-2	600	600	16	16	288.22
	3.5	KS-2	600	600	16	16	288.22

6.1.3. Bracing Sistem BRBF

Dalam analisa penampang BRB, yang di analisa pada steel core (baja inti). Hal ini dikarenakan baja ini yang dianggap menerima gaya aksial ataupun momen. Sedangkan chasing dan beton hanya berfungsi sebagai pengekan lateral baja inti (anti tekuk).



Gambar 6.2 Penampang BRB

6.1.3.1 Kontrol *Bracing* BRBF

Panjang pengaku (L) = 4.6755 m. pengaku direncanakan menggunakan BRB dengan Luas steel core 42.75 cm^2 .

Adapun data-data profil cross section steel core (baja inti) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= 42.75 \text{ cm}^2 & W &= 33.56 \text{ kg/m} \\ i_x &= 3.16 \text{ cm} & i_y &= 3.16 \text{ cm} \\ b_{sc} &= 15 \text{ cm} & t_{sc} &= 1.5 \text{ cm} \\ I_x &= 425.67 \text{ cm}^4 & I_y &= 425.67 \text{ cm}^4 \\ r &= 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil output SAP2000 untuk batang tarik dan tekan maksimum didapat pada frame 215 lantai 7 pada kombinasi Envelope dengan nilai :

$$P_u \text{ max} = 18229.70 \text{ kg}$$

$$L = 4.6755 \text{ m}$$

a. Kontrol Tekan Steel Core

- Kontrol Rasio Tebal terhadap lebar elemen tekan

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{150}{15} = 10$$

$$\lambda_p = 0.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.45 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 12.73$$

$$\lambda = 10 < \lambda_{pf} = 12.73 \rightarrow \text{penampang non-langsing}$$

- Kontrol Kelangsingan

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{KL}{i_y} = \frac{1 \times 467.55}{3.16} = 147.96$$

$$\lambda_p = 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 133.42$$

$$\frac{KL}{i_y} \geq 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \text{maka nilai } F_{cr}, \text{ ditentukan sebagai}$$

berikut:

$$F_{cr} = 0.877 F_e$$

Dimana nilai F_e , adalah
$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{K \cdot L^2 / r} = \frac{\pi^2 \times 2000000}{(147.96)^2} = 901.67 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 0.877 \times 901.67 = 790.76 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = A_g \times F_{cr} = 42.75 \times 790.76 = 33805.20 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot P_n \geq P_u$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot P_n &= 0.9 \times 33805.20 \geq P_u = 18229.70 \text{ kg} \\ &= 30424.68 \text{ kg} \geq P_u = 18229.70 \text{ kg} \quad \text{.....OK} \end{aligned}$$

b. Kontrol Kuat Tekan BRB

Penampang BRB terdiri dari *Steel Core*, *Chasing* atau *Tube*, dan Mortar atau beton, untuk menghindari terjadinya tekuk pada penampang BRB maka perlu dilakukan kontrol kekuatan tekan.

Data Material :

$$\begin{aligned} - f_y &= 250 \text{ Mpa} &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ - f_u &= 410 \text{ Mpa} &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ - f_c' &= 30 \text{ Mpa} &= 300 \text{ kg/cm}^2 \\ - A_{Steel \text{ Core}} &= 42.75 \text{ cm}^2 \\ - A_{Tube} &= 149.76 \text{ cm}^2 \\ - A_{Concrete} &= 432.49 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_{nt} &= f_y \times A_{sc} + f_y \times A_t + 0.85 \times f_c' \times (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \\ &= 2500 \times 42.75 + 2500 \times 149.76 + 0.85 \times 30 \times (432.49 + 0) \\ &= 492303.50 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi \cdot \Sigma P_{nt} &\geq P_u \\ \phi \cdot \Sigma P_{nt} &= 0.9 \times 492303.50 \geq P_u = 18229.70 \text{ kg} \\ &= 443073.15 \text{ kg} \geq P_u = 18229.70 \text{ kg} \quad \text{.....OK}\end{aligned}$$

c. Kontrol BRB

- Kondisi Leleh Steel Core

$$P_n = \phi A_g f_{ysc} = 0.9 \times 42.75 \times 2500 = 96187.50 \text{ kg}$$

- Kondisi Putus Steel Core

$$\begin{aligned}P_n &= \phi A_e F_u = 0.75 \times 42.75 \times 4100 = 118310.63 \text{ kg} \\ T_{max} &= 118310.63 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan Rencana Steel Core

$$\begin{aligned}P_{ysc} &= f_{ysc} A_{sc} = 2500 \times 42.75 = 106875 \text{ kg} \\ \phi P_{ysc} &= 0.9 P_{ysc} = 0.9 \times 106875 = 96187.5 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan Tekan Mortar

$$\begin{aligned}C_{max} &= \phi \cdot f_c' A_c = 0.9 \times 300 \times ((21.8 \times 21.8) - 42.75) \\ &= 116772.30 \text{ kg}\end{aligned}$$

Cek :

1. Syarat 1, $T_{max} \geq P_n$
 $T_{max} = 118310.63 \text{ kg} \geq P_n = 96187.5 \text{ kg} \quad \text{.....OK}$
2. Syarat 2, $T_{max} \geq P_{ysc}$
 $T_{max} = 118310.63 \text{ kg} \geq P_{ysc} = 106875 \text{ kg} \quad \text{.....OK}$
3. Syarat 3, $C_{max} \geq P_{ysc}$
 $C_{max} = 116772.30 \text{ kg} \geq P_{ysc} = 106875 \text{ kg} \quad \text{.....OK}$
4. Syarat 4, $C_{max} \leq 1.3 T_{max}$
 $C_{max} = 116772.30 \text{ kg} \leq 1.3 T_{max} = 153803.81 \text{ kg} \quad \text{.....OK}$

Hasil kontrol BRB diatas membuktikan bahwa BRB tidak mengalami *fracture*, BRB memiliki kestabilan, dan tidak ada degradasi kekuatan sehingga BRB aman untuk digunakan.

d. Perhitungan β dan ω

$$\beta = \frac{C_{\max}}{T_{\max}} = \frac{116772.30}{118310.63} = 0.987$$

$$\omega = \frac{T_{\max}}{f_{ysc} A_{sc}} = \frac{118310.63}{2500 \times 42.75} = 1.107$$

e. Penyesuaian Kapasitas Kekuatan Tarik dan Tekan

$$\begin{aligned} P_{u \text{ tarik}} &= \omega R_y P_{ysc} \\ &= 1.107 \times 1.5 \times 106875 \\ &= 177465.94 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u \text{ tekan}} &= \beta \omega R_y P_{ysc} \\ &= 0.987 \times 1.107 \times 1.5 \times 106875 \\ &= 175158.45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas membuktikan bahwa BRB memenuhi semua persyaratan dan diperoleh kapasitas tekan hampir sama dengan kapasitas tarik. Hal ini menandakan bahwa desain sudah memenuhi syarat untuk menjadikan elemen struktur BRB dapat mencegah terjadinya tekuk.

Keterangan :

- *Penampang non-langsing* (Tabel B4.1a SNI 1729: 2015)
- *Persyaratan Desain* (Bab E Pasal E3 dan E4 SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $K = 1$ (Lampiran 7 Pasal 3 ayat (a) SNI 1729:2015)
- *Persyaratan Desain BRB* (Pasal 16.2 AISC 341-05)

6.2. Perencanaan Sambungan

6.2.1. Sambungan Pengaku dengan Kolom Pada BRBF

Sambungan pengaku pada sistem BRBF direncanakan menggunakan baut tipe tumpu M20 mm HTB A325. Ukuran pelat 125 x 15 mm BJ 41.

BRB (250 x 250mm²)

Lebar BRB = 250 mm

Panjang baja inti = 150 mm

Tebal baja inti = 15 mm

A_{baja inti} = 4275 mm²

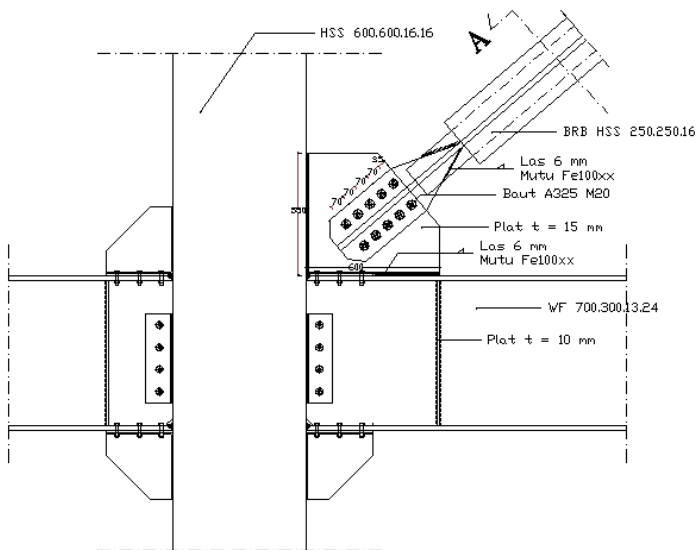
- Kekuatan yang dibutuhkan sambungan pengaku

$$P_{u \text{ tekan}} = 1.1 \beta \omega R_y P_{ysc}$$

$$= 1.1 \times 0.987 \times 1.107 \times 1.5 \times 106875$$

$$= 192674.30 \text{ kg (menentukan !)}$$

$$P_u \text{ max} = 18229.70 \text{ kg (Dari Output SAP 2000)}$$



Gambar 6.3 Sambungan B्रेसing Dengan Kolom

- Kekuatan Baut

Kuat geser :

$$\begin{aligned} V_d &= \phi f_{nv} A_b m \\ &= 0.75 \times 4570 \times (0.25 \times \pi \times 2^2) \times 2 \\ &= 21535.62 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned} R_d &= \phi 2.4 d_b t_p f_u^p \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 2.0 \times 1.5 \times 4100 \\ &= 22140 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut :

$$n = \frac{P_u \max}{R_d} = \frac{192674.30}{21535.62} = 8.95 \text{ buah}$$

Dipasang 10 buah baut M20 HTB A325 dalam 2 baris.

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1.5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d } 160 \text{ mm} \\ \text{Pakai S1} &= 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 225 \text{ mm} \\ \text{Pakai S2} &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kontrol Gusset Plate

Gusset plate menggunakan BJ 55

Tebal plat = 15 mm

Kuat Rencana Leleh :

$$\begin{aligned} \phi \cdot P_n &= \phi f_y A_g \\ &= 0.9 \times 4100 \times [(25 - 1.5) \times 1.5] = 260145 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat Rencana Putus :

$$\begin{aligned}\phi \cdot P_n &= \phi f_u A_e \\ &= 0.75 \times 5500 \times [(25 - 1.5 - (2 \times 2.15)) \times 1.5] \\ &= 237600 \text{ kg (menentukan!)}\end{aligned}$$

Kontrol syarat :

$$\phi P_n = 237600 \text{ kg} > P_u = 192674.30 \text{ kg} \text{OK}$$

- Sambungan Las sudut pada Gusset Plate

Dipakai las F_{E70xx} (ksi)

$$\text{Tegangan putus las} = 70 \times 70.33 = 4923.10 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal efektif las sudut rencana (te) = 1 cm

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} = (0.707 \times 1) \times (d + b) \\ &= (0.707 \times 1) \times (55 + 60) \\ &= 115.71 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (70 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 2953.86 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 2953.86 \times 115.71 = 256336.71 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol

$$\phi R_n \geq P_u$$

$$256336.71 \text{ kg/cm}^2 > 192674.30 \text{ kg/cm}^2 \text{OK}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$f_v = \frac{P_{u \max}}{A_{we}} = \frac{192674.30}{115.71} = 1665.19 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 4923.10 = 2215.40 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_v}{\phi f_n} \rightarrow \frac{1665.19}{2215.40} = 0.338 \text{ cm} = 3.38 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{t_e}{0.707} \rightarrow \frac{0.338}{0.707} = 0.478 \text{ mm} = 4.78 \text{ mm}$$

Syarat : α max dan α min

$$\alpha_{\min} = 6 \text{ mm}$$

$$\alpha_{\max} = t_{\text{plat}} - 1.6 = 15 - 1.6 = 13.40 \text{ mm}$$

$$\alpha_{\text{ef max}} = 4.78 \times \frac{41000}{492310} \times 15 = 6 \text{ mm}$$

$$\alpha = 5.50 \text{ mm} \quad \left\{ \begin{array}{l} \geq \alpha_{\min} \\ < \alpha_{\max} \\ \leq \alpha_{\text{ef max}} \end{array} \right. \rightarrow \text{dipakai } \alpha = 6 \text{ mm}$$

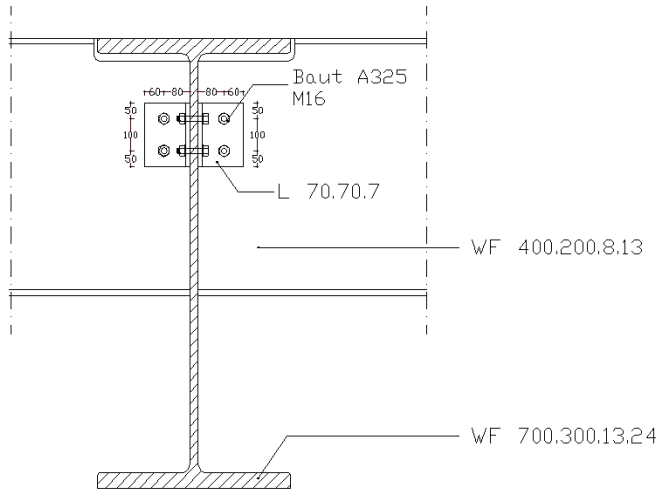
Keterangan :

- *Persyaratan Desain BRB* (Pasal 16.2 AISC 341-05)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.75$ (Pasal J2 dan J3 SNI 1729:2015)
- *Persyaratan Desain Sambungan* (Pasal J3.6 dan J2.3 SNI 1729:2015 dan Pasal 13.2 dan 13.5 SNI 1729:2002)

6.2.2. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan balok induk dengan balok anak merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar $V_u = 10710.05 \text{ kg}$ dan gaya geser yang bekerja pada balok induk sebesar $V_u = 32201.19 \text{ kg}$. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $70 \times 70 \times 7$



Gambar 6.4 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

- Sambungan siku dengan balok anak
 Direncanakan :
 D baut = 16 mm ($A_b = 2.011 \text{ cm}^2$)
 Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)
 Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 2.011 \\ &= 12440.71 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 0.8 \times 4100 \\ &= 9446.40 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{10710.05}{9446.40} = 1.13, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan balok induk dengan siku
Direncanakan :
 $\varnothing_{\text{baut}} = 16 \text{ mm}$ ($A_b = 2.011 \text{ cm}^2$)
Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)
Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 2.011 \\ &= 12440.71 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\varnothing.R_n &= \varnothing \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 1.3 \times 4100 \\ &= 12440.71 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{32201.19}{12440.71} = 2.59, \text{ dipasang 4 buah}$$

- Kontrol Jarak Baut
Jarak ke tepi = $1.5d_b$ s/d $(4t_p + 100)$ atau 200 mm
= 24 mm s/d 128 mm
Pakai S1 = 25 mm

Jarak antar baut = $3d_b$ s/d $15t_p$ atau 200 mm
= 48 mm s/d 105 mm
Pakai S2 = 50 mm

- Kontrol siku penyambung
Kontrol leleh
 $A_g = 10 \times 1.6 = 16 \text{ cm}^2$
 $\varnothing.f_y.A_g = 0.9 \times 2500 \times 16$
= 36000 kg > 10710.05 kg ...**OK!**

Kontrol patah

$$\begin{aligned}\phi_{\text{lubang}} &= 16 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17.5 \text{ mm} = 1.75 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (10 - 2 \times 1.75) \times 1.6 = 10.4 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi \cdot f_u \cdot A_{nv} &= 0.75 \times 0.7 \times 4100 \times 10.40 \\ &= 22386 \text{ kg} > 10710.05 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Keterangan :

- $\phi = 0.75$ *(Bab J Pasal J2 dan J3 SNI 1729:2015)*
- $\phi = 0.9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*
- *Persyaratan Desain Sambungan* *(Pasal J3.6 SNI 1729:2015 dan Pasal 13.2 SNI 1729:2002)*

6.2.3. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar $V_u = 1447.82 \text{ kg}$.

- Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

$$\phi_{\text{baut}} = 12 \text{ mm} (A_b = 1.131 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A307} (f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser} (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_l \times fu \times m \times Ab \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 5000 \times 1 \times 1.131 \\ &= 2120.58 \text{ kg} \quad (\text{menentukan !})\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.2 \times 0.50 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{1447.82}{2120.58} = 0.68, \text{ dipasang 4 buah}$$

- Kontrol Jarak Baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 128 \text{ mm}\end{aligned}$$

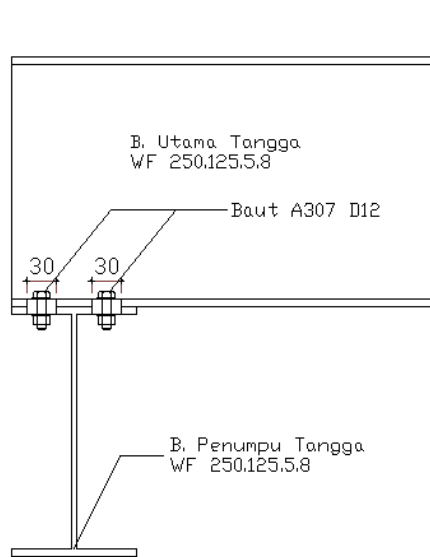
$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak slot baut} &= 2.5 \text{ db} \\ &= 30 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S3} = 30 \text{ mm}$$



Gambar 6.5 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

- Kontrol siku penyambung

Kontrol leleh

$$A_g = 12.4 \times 0.6 = 6.20 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot f_y \cdot A_g &= 0.9 \times 2500 \times 6.20 \\ &= 13950 \text{ kg} > 1447.816 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 2.5 \times 12 \text{ mm (Lubang slot baut)} \\ &= 30 \text{ mm} \\ &= 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (12.4 - 2 \times 3) \times 0.5 = 3.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset.f_u.A_{nv} &= 0.75 \times 0.7 \times 4100 \times 3.20 \\ &= 6888.00 \text{ kg} > 1447.816 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Keterangan :

- $\emptyset = 0.75$ *(Bab J Pasal J2 dan J3 SNI 1729:2015)*
- $\emptyset = 0.9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*
- *Persyaratan Desain Sambungan* *(Pasal J3.6 SNI 1729:2015 dan
Pasal 13.2 SNI 1729:2002)*

6.2.4. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar $V_u = 1944.21 \text{ kg}$. Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

- Kontrol plat sambung yang digunakan

$$\begin{aligned}t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \quad (t = \text{tebal profil HSS}) \\ &\leq \frac{4100}{2500} \times 1.6 \\ &\leq 2.624 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dipakai $t_p = 0.5 \text{ cm}$

- Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga
Direncanakan :
 $\emptyset_{\text{baut}} = 12 \text{ mm}$ ($A_b = 1.131 \text{ cm}^2$)
Mutu baut A307 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)
Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= \phi \times r_l \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 5000 \times 2 \times 1.131 \\ &= 4241.15 \text{ kg} \quad (\text{menentukan !})\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.2 \times 0.50 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{1944.21}{4241.15} = 0.46, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Kontrol Jarak Baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1.5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 128 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 50 \text{ mm}$$

- Sambungan kolom dengan plat sambung

Direncanakan menggunakan las F_{e100xx} :

Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5 mm

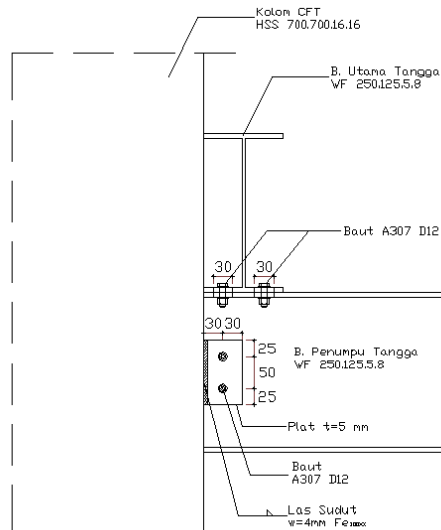
sehingga ketebalan las minimum $w = 3 \text{ mm}$

Digunakan ketebalan las $w = 4 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 0.4) \times 10 \\ &= 5.656 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0.6F_{EXX} \left(1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta \right) \\ &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 4219.80 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0.75 \times 4219.80 \times 5.656 \\
 &= 17900.39 \text{ kg} > 1944.21 \text{ kg} \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$



Gambar 6.6 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

- Kontrol plat penyambung

Kontrol leleh

$$A_g = 10 \times 0.5 = 5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot f_y \cdot A_g &= 0.9 \times 2500 \times 5 \\
 &= 11250 \text{ kg} > 1944.21 \text{ kg} \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned}
 \phi_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\
 &= 13.5 \text{ mm} = 1.35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\
 &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\
 &= (10 - 2 \times 1.35) \times 0.5 = 3.65 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset.fu.Anv &= 0.75 \times 0.5 \times 4100 \times 3.65 \\ &= 10999.28 \text{ kg} > 1944.21 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Keterangan :

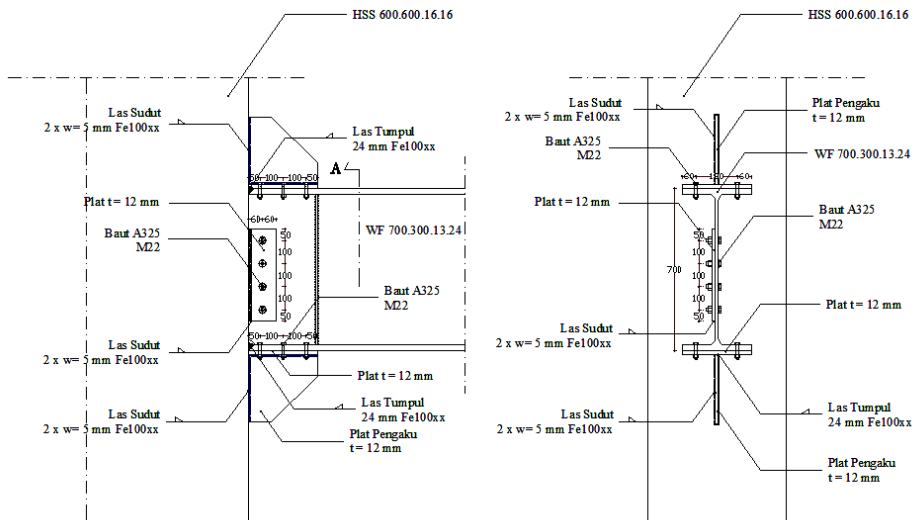
- $\emptyset = 0.75$ (Bab J Pasal J2 dan J3 SNI 1729:2015)
- $\emptyset = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- Persyaratan Desain Sambungan (Pasal J3.6 dan J2.3 SNI 1729:2015 dan Pasal 13.2 dan 13.5 SNI 1729:2002)

6.2.5. Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan menggunakan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser P_u dan momen M_u .

Dari Output SAP2000 didapat :

$$\begin{aligned}V_u &= 32811.05 \text{ kg} \\ M_u &= 44347.42 \text{ kg.m}\end{aligned}$$



Gambar 6.7 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

- a. Perencanaan Kekuatan sambungan baut :

Direncanakan :

Mutu Profil BJ 41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

D baut = 22 mm ($A_b = 3.801 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 1 \times 3.801 \\ &= 11760.36 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 2.2 \times 1.2 \times 4100 \\ &= 19483.20 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut

$$\begin{aligned}T_d &= \phi \times 0.75 \times f_u \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.75 \times 8250 \times 3.801 \\ &= 17640.53 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut pada badan balok utama

$$n = \frac{V_u}{R_n} = \frac{32811.05}{11760.36} = 2.79, \text{ dipasang 4 buah}$$

Jumlah baut pada sayap balok utama

$$T_u = \frac{M_u}{d} = \frac{44347.42}{0.7} = 63353.46 \text{ kg}$$

$$n = \frac{T_u}{R_n} = \frac{63353.46}{11760.36} = 5.39, \text{ dipasang 6 buah}$$

Kontrol Jarak Baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 33 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 100 \text{ mm}$$

- b. Sambungan rigid dengan alat sambung las dipasang sebagai penumpu beban aktual.

Direncanakan :

$$\text{Mutu Profil BJ 41 } (f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2)$$

$$D \text{ baut} = 22 \text{ mm } (A_b = 3.801 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

- Kontrol ukuran las pada sayap balok
Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebihi dengan mutu F_{e100XX}

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 1.0) \times 30 \\ &= 21.21 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kekuatan Las Tumpul

$$\begin{aligned}\phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 100 \times 70.33 \times 21.21 \\ &= 111877.45 \text{ kg} > 63353.46 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{nv} &= 2 \times \phi R_{nh} \\ &= 2 \times 111877.45 \\ &= 223754.895 \text{ kg} > 32811.05 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}\end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_{nh}}\right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{32811.05}{231213.39}\right)^2 + \left(\frac{63353.46}{111877.45}\right)^2 = 0.44 \leq 1.0 \dots \mathbf{OK!}$$

- c. Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penumpu beban mati dan beban pejerja pada saat proses pengelasan
Gaya geser ang bekerja pada sambungan
Dari Output SAP2000
 $V_u = 32811.05 \text{ kg}$

Direncanakan :

Mutu baja plat sambung = BJ 41
Diameter baut = 22 mm ($A_b = 3.801 \text{ cm}^2$)
Ketebalan plat sambung = 12 mm
Panjang Plat Sambung = 400 mm

- Kontrol patah pada plat sambung

$$A_{nv} = A_g - n(d_b + 1.5 \text{ mm})t$$

$$= (1.50 \times 40) - 4 \times (2.2 + 0.15) \times 1.2$$

$$= 36.72 \text{ cm}^2$$

$$\phi_y V_n = 0.75(0.6)f_u A_{nv}$$

$$= 0.75 \times (0.6) \times 4100 \times 36.72$$

$$= 67748.40 \text{ kg} > 32811.05 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}$$

- Kontrol geser baut

$$\phi R_n = \phi n f_u^u A_b$$

$$= 0.75 \times 4 \times 8250 \times 3.801$$

$$= 94082.85 \text{ kg} > 32811.05 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}$$

- Kontrol kuat tumpu baut
Untuk komponen vertikal

$$1.2l_c = 1.2 \times (5 - 2.2 / 2) \\ = 4.68 \text{ cm}$$

$$2.4d_b = 2.4 \times 2.2 \\ = 5.28 \text{ cm}$$

Kontrol kuat tumpu :

$$\phi R_n = \phi 1.2 L_c f_u \\ = 2 \times 0.75 \times 1.2 \times 4.68 \times 1.2 \times 4100 \\ = 41446.08 \text{ kg} > 32811.05 \text{ kg ...OK!}$$

- Kontrol ukuran las
Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las $w = 5 \text{ mm}$ (bagian paling tipis yaitu 10 mm) dan mutu las F_{e100XX}

$$A_{we} = (0.707 \times w) \times l_{we} \\ = 2 \times (0.707 \times 0.50) \times 40 = 28.28 \text{ cm}^2$$

Untuk komponen vertikal :

$$F_{nw} = 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ = 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\ = 4219.80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_{nv} = 0.75 F_{nw} A_{we} \\ = 0.75 \times 4219.80 \times 28.28 \\ = 89501.96 \text{ kg} > 32811.05 \text{ kg ...OK!}$$

Keterangan :

- $\phi = 0.75$ (Bab J Pasal J2 dan J3 SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- Persyaratan Desain Sambungan (Pasal J3.6 dan J2.3 SNI 1729:2015 dan Pasal 13.2 dan 13.5 SNI 1729:2002)

6.2.6. Sambungan Kolom dengan Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai dasar pada posisi dinding berbrising *BRB* menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX} . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.

- Gaya aksial pada sambungan

$$P_u = 1.1 \beta \omega R_y P_{ysc} + P_u (1.2D + 1.6L)$$

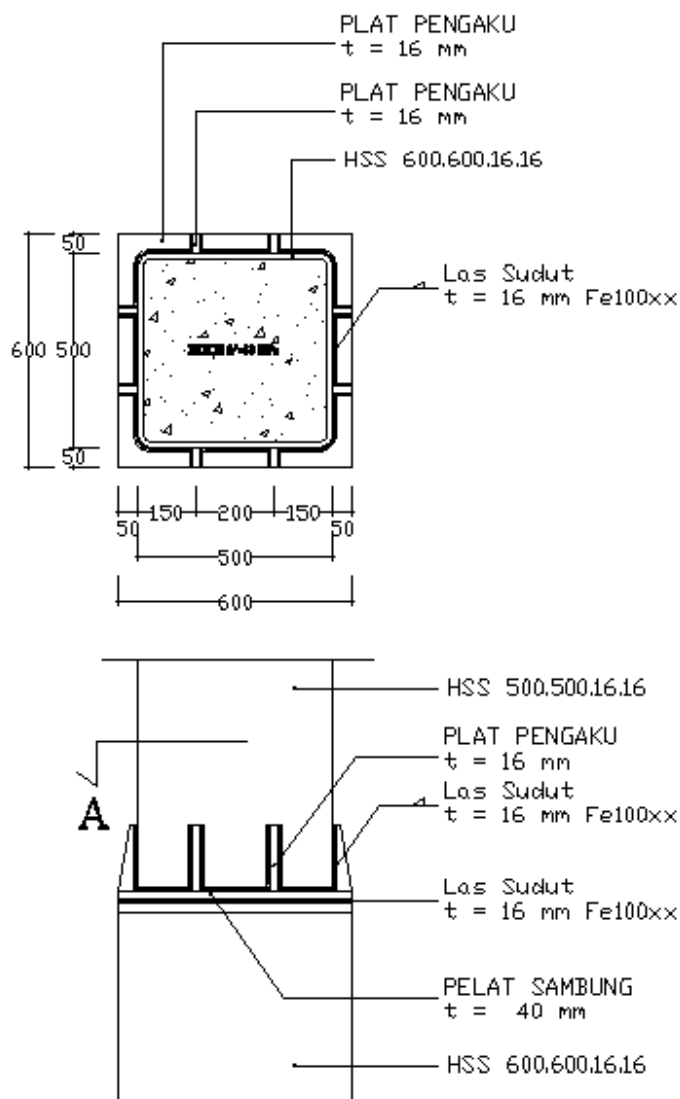
Nilai P_u diperhitungkan berdasarkan perhitungan sebelumnya $P_u = 192674.30 + 289336.75 = 482011.05 \text{ kg}$

- Momen pada sambungan

$$\begin{aligned} M_u &= 0.5(0.9M_{pc}) \\ &= 0.5(0.9 \times 169250) \\ &= 76162.50 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser pada sambungan

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{\sum M_{pc}}{H} \\ &= \frac{\frac{1}{2} \times (2 \times 76162.5)}{3.1} \\ &= 24568.55 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 6.8 Sambungan Kolom dengan Kolom

- Sambungan las pada kolom
Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil kolom
HSS 600.600.16

Kontrol tegangan las akibat P_u dan M_u :

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\
 &= \frac{76162.50}{0.6} \pm 482011.05 \\
 &= 608948.55 \text{ kg (tekan) menentukan !} \\
 &= 480487.80 \text{ kg (tekan)}
 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} = f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0.75 \times 4100 \times (0.707 \times 1.6 \times 60 \times 4) \\
 &= 834825.60 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 &\leq 1.0 \\
 \left(\frac{24568.55}{834825.60} \right)^2 + \left(\frac{608948.55}{834825.60} \right)^2 &= 0.53 \leq 1.0 \text{ ...OK!}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

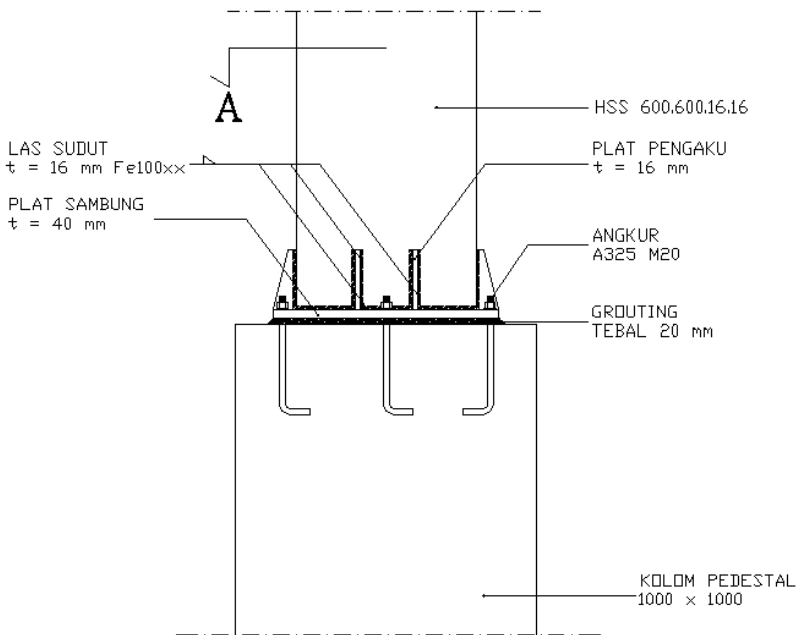
- $\phi = 0.75$ (Bab J Pasal J2 dan J3 SNI 1729:2015)
- $\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- *Persyaratan Desain* (Pasal 8.5 AISC 341-05)
- *Persyaratan Desain Sambungan* (Pasal J3.6 dan J2.3 SNI 1729:2015 dan Pasal 13.2 dan 13.5 SNI 1729:2002)

6.2.7. Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan ketebalan $t_p = 40$ mm.

Dari hasil analisis SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada kolom lantai dasar adalah :

$$\begin{aligned} P_u &= 516021.81 \text{ kg (dari gaya aksial Kolom)} \\ V_u &= 11926.39 \text{ kg (dari gaya geser Kolom)} \\ M_u &= 22035.49 \text{ kgm (dari momen Kolom)} \end{aligned}$$



Gambar 6.9 Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

Kontrol tegangan las akibat P_u :

$$\begin{aligned} f_p &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\ &= \frac{516021.81}{240} + \frac{22035.49}{4800} \\ &= 2154.68 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat V_u :

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\ &= \frac{11926.39}{240} + \frac{22035.49}{4800} \\ &= 54.28 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las total :

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{f_p^2 + f_v^2} \\ &= \sqrt{2154.68^2 + 54.28^2} \\ &= 2155.37 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tebal kaki las :

$$\begin{aligned} t_e &= f_{total} / f_{uw} \\ &= 2155.37 / 3164.85 = 0.68 \text{ cm} \\ w &= t_e / 0.707 \\ &= 0.68 / 0.707 = 0.96 \text{ cm} \end{aligned}$$

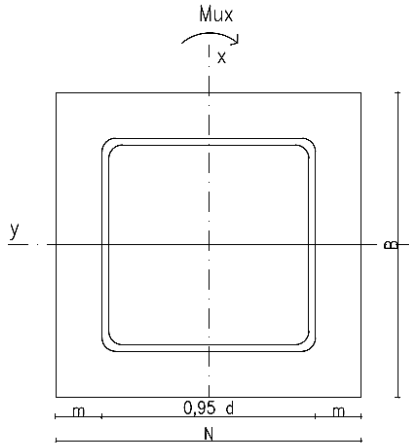
Kontrol syarat tebal kaki las:

Tebal minimum = $t_{sirip} = t_p = 40 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} w_{eff(max)} &= 1.41 \frac{f_u}{F_{e100XX}} t_p \\ &= 1.41 \times \frac{4100}{100 \times 70.33} \times 4.0 = 3.29 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai las dengan $w = 16 \text{ mm}$

- Perhitungan *base plate*



Gambar 6.11 Arah Beban Sumbu X pada *Base Plate*

Direncanakan diameter baut = 20 mm

Direncanakan Dimensi Baseplate 80x80 cm ($A_2=6400 \text{ cm}^2$),

$$\begin{aligned} f_{p \max} &= \phi_c 0.85 f_c' \\ &= 0.65 \times 0.85 \times 30 \\ &= 16.58 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$q_{\max} = 16.58 \times 800 = 13260 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} e_{\text{kritis}} &= \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2 \times q_{\max}} \\ &= \frac{800}{2} - \frac{5160218.1}{2 \times 13260} = 205.42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{22035.49}{516021.81} = 42.70 \text{ mm} < e_{\text{kritis}} = 205.42 \text{ mm}$$

Termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

jika $f = 350$ mm adalah jarak baut angkur ke as kolom, maka penyelesaian untuk mencari Y adalah :

$$Y = \frac{P_u}{q_{\max}} = \frac{5160218.1}{13260} = 389.16 \text{ mm}$$

Sisi desak : pelat kantilever $m = 100 \text{ mm} < Y = 389.16 \text{ mm}$, maka tebal pelat landasan untuk memikul gaya reaksi beton adalah :

$$f_p = \frac{P_u}{B Y} = \frac{5160218.1}{800 \times 389.16} = 16.58 \text{ Mpa}$$

$$t_p \geq 1.5 m \sqrt{\frac{f_p}{f_c}}$$

$$t_p \geq 1.5 \times 100 \sqrt{\frac{16.58}{250}} = 38.62$$

Maka tebal pelat landasan yang dipakai 40 mm.

Gaya pada angkur adalah

Dipakai baut angkur A325 M22 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

- Kuat rencana geser dan tumpu (1 bidang geser)

$$\begin{aligned} \phi_f \cdot V_n &= V_d = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0.75 \cdot 0.5 \cdot 8250 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2.0^2\right) \cdot 1 \\ &= 9719.30 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_f \cdot R_n &= R_d = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 2,0 \cdot 4 \cdot 4100 \\
 &= 9719,30 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Jumlah baut angkur yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser V_{ux} dan V_{uy})

$$n = \frac{V_{uy}}{\phi_f \cdot R_n} = \frac{11926,39}{9719,30} = 1,23$$

dipakai 8 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 30 \text{ mm s/d } 260 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d } 600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 300 \text{ mm}$$

Keterangan :

- $\phi = 0,75$ (Bab J Pasal J2 dan J3 SNI 1729:2015)
- $\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)
- Persyaratan Desain Sambungan (Pasal J3.6 dan J2.3 SNI 1729:2015 dan Pasal 13.2 dan 13.5 SNI 1729:2002)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

7.1. Struktur Bawah

Struktur bawah memikul beban dari struktur atas sehingga struktur bawah tidak boleh gagal lebih dahulu dari struktur atas. Dalam merencanakan struktur bawah dibutuhkan data – data mengenai karakteristik tanah tempat bangunan tersebut berada dan beban struktur yang bekerja diatas struktur bawah yang direncanakan. Beban struktur yang bekerja tergantung dari jenis material yang digunakan, jumlah tingkat bangunan, jenis – jenis beban yang bekerja pada struktur bangunan tersebut, dan lain – lain.

7.2. Perencanaan Elemen Struktur Bawah

7.2.1. Balok Induk B1.C-1

Balok merupakan salah satu elemen struktur yang harus memikul beban dari struktur sekunder untuk kemudian diteruskan ke kolom. Disamping itu, balok juga harus memikul beban gravitasi dan beban lateral. Analisa gaya dalam pada balok menggunakan program bantu SAP.

Pada bab ini akan diberikan contoh perhitungan penulangan balok induk sesuai dengan SNI 2847:2013 dengan detailing mengacu pada pasal 21.5. Hasil perhitungan balok induk tipe lain disajikan dalam bentuk tabel.

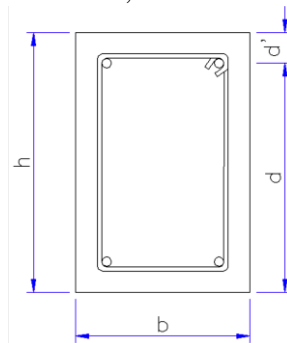
Data Perencanaan:

Tipe balok		: B1.C-1
Bentang balok	(L)	: 8450 mm
Bentang bersih balok	(L _n)	: 7650 mm
Dimensi balok	(b)	: 450 mm
	(h)	: 650 mm
D. tulangan	(lentur)	: 22 mm → A _s = 380,13 mm ²
	(geser)	: 13 mm → A _s = 132,73 mm ²
	(torsio)	: 16 mm → A _s = 201,06 mm ²

Mutu tulangan (lentur) f_y : 400 Mpa
 (geser) f_y : 400 Mpa
 (tors) f_y : 400 Mpa

Selimut beton (cover) : 40 mm
 (SNI 03-2847-2013 Ps. (7.7.1))

Mutu beton (f'_c) : 30 Mpa
 (β_1) : $0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$
 (SNI 03-2847-2013 Ps.10.2.7.3)
 : $0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7}$
 : 0,836



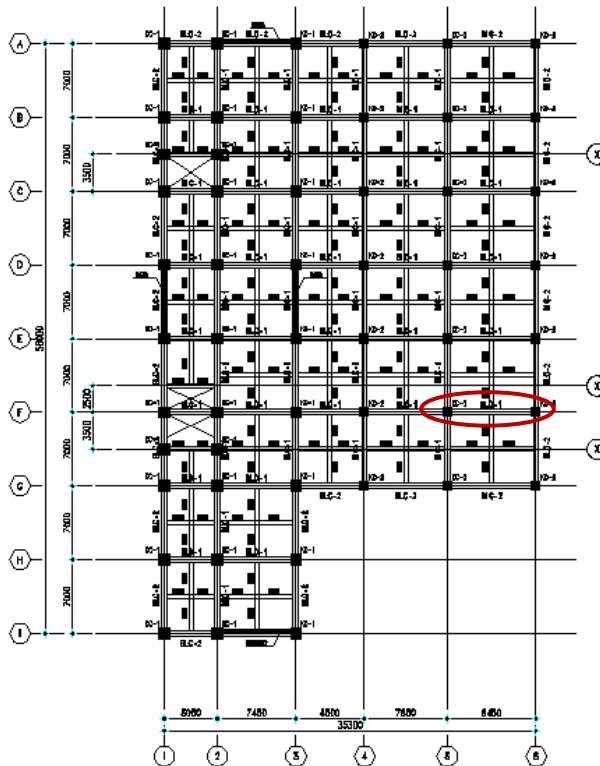
Gambar 7. 1 Tinggi Efektif Balok Induk

Tinggi efektif balok sesuai gambar 7.1, berikut:

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - \text{cover} - D_{\text{Tul.}} - \frac{1}{2} D_{\text{Tul.}} \\ &= 650 - 40 - 13 - \frac{1}{2}(22) \\ &= 586 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= \text{Cover} + D_{\text{Tul.}} + \frac{1}{2} D_{\text{Tul.}} \\ &= 40 + 13 + \frac{1}{2}(22) \\ &= 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

Denah balok yang ditinjau ditunjukkan pada gambar 7.2 berikut ini.



Gambar 7. 2 Lokasi Balok Induk yang Ditinjau

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Mu}_{\text{tump kiri (-)}} &= 46008.37 \text{ kgm} = 451204085 \text{ Nmm} \\
 \text{Mu}_{\text{tump kiri (+)}} &= 23004.19 \text{ kgm} = 225602042 \text{ Nmm} \\
 \text{Mu}_{\text{tump kanan (-)}} &= 39709.95 \text{ kgm} = 389435480 \text{ Nmm} \\
 \text{Mu}_{\text{tump kanan (+)}} &= 19854.98 \text{ kgm} = 194717740 \text{ Nmm} \\
 \text{Mu}_{\text{lapangan}} &= 32232.77 \text{ kgm} = 316106775 \text{ Nmm} \\
 \text{Vu} &= 27050.5 \text{ kg} = 265284 \text{ N} \\
 \text{Tu} &= 445.53 \text{ kgm} = 4369313 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Torsi:

Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.5.2.2 kebutuhan tulangan torsi dapat diabaikan jika:

$$Tu < \phi \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

$$\phi = 0.75 \text{ (pasal 9.3.2.3)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (beton normal) (pasal 8.6.1)}$$

$$A_{cp}^2 = (450 \times 650)^2 = 85556250000 \text{ mm}^4$$

$$P_{cp} = 2 \times (450 \times 650) = 585000 \text{ mm}^2$$

Maka:

$$4369313 < 0.75 \times 0.33 \times 1 \times \sqrt{30} \times \left(\frac{85556250000}{58500} \right)$$

$$4369313 \text{ Nmm} > 198258.45 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Perlu tulangan torsi}$$

Cek dimensi penampang untuk menahan torsi terfaktor:

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.1 dimensi penampang harus memenuhi:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \cdot \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \right)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} bh &= b - 2 \times s \text{ balok} - D \text{ geser} \\ &= 450 - (2 \times 40) - 13 \\ &= 357 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} hh &= h - 2 \times s \text{ balok} - D \text{ geser} \\ &= 650 - (2 \times 40) - 13 \\ &= 557 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ph &= 2 \times (bh + hh) \\ &= 2 \times (357 + 557) \\ &= 1828 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= b_h \times h_h \\
 &= 357 \times 557 \\
 &= 198849 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\
 &= 0.17 \times \sqrt{30} \times 450 \times 586 \\
 &= 245538.55 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1.7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0.66 \cdot \sqrt{f'_c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{265284}{450 \times 586}\right)^2 + \left(\frac{4369313 \times 1828}{1.7 \times 198849^2}\right)^2} = 1.577$$

$$0.75 \times \left(\frac{245538.55}{450 \times 586} + 0.66 \times \sqrt{30}\right) = 3.410$$

$$1.013 \leq 3.410 \rightarrow OK$$

Perhitungan tulangan transversal penahan torsi:

Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 perhitungan tulangan transversal penahan torsi adalah sebagai berikut:

$$A_o = 0.85 \times A_{oh} = 0.85 \times 198849 = 169022 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \theta} \\
 &= \frac{4369313}{0.75 \times 2 \times 169022 \times 400 \times \cot 45^\circ} \\
 &= 0.0431 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{A_t}{s} x P_h x \frac{f_y t}{f_y t} x \cot^2 \theta \\
 &= 0.0431 \times 1828 \times \frac{400}{400} \times \cot^2 45^\circ \\
 &= 78.76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{1 \min} &= \frac{0.42 \cdot \sqrt{f' c} \cdot A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} x P_h x \frac{f_y t}{f_y t} \\
 &= \frac{0.42 \times \sqrt{30} \times 292500}{400} - 0.0431 \times 1828 \times \frac{400}{400} \\
 &= 1603.43 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena $A_1 < A_{1 \min}$, maka pakai = 1603.43 mm²

Luasan tulangan puntir untuk lentur didistribusikan merata ke-4 sisi balok:

$$\frac{A_1}{4} = \frac{1603.43}{4} = 400.86 \text{ mm}^2$$

Tulangan puntir yang dipasang:

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ tul}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 16^2 = 201.06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_{st}}{A_{s \text{ tul}}} = \frac{400.86}{201.06} = 1.99 \approx 2 \text{ buah/sisi}$$

Cek:

$$A_s \text{ pasang} > A_{st}$$

$$2 \times 201.06 > 400.86$$

$$402.12 \text{ mm}^2 > 400.86 \text{ mm}^2 \rightarrow OK$$

Maka :

- Tulangan torsi pasang = 2 D16
- Luasan tambahan tul. lentur penahan torsi = 400.86 mm²
- Luasan tambahan tul. geser penahan torsi = 0.0431 mm²

Perhitungan tulangan longitudinal:

• **Tumpuan Momen Negatif**

→ Kontrol syarat kebutuhan tulangan minimum

Pada setiap penampang, tulangan transversal harus disediakan minimum sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5.1 seperti berikut.

$$\begin{aligned} A_{s \min} &= \frac{0,25x\sqrt{f'c}}{f_y} x b_w x d' \\ &= \frac{0,25 x \sqrt{30}}{400} x 450 x 586 \\ &= 902.72 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dan, tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} A_{s \min} &= \frac{1,4}{f_y} x b_w x d' \\ &= \frac{1,4}{400} x 450 x 586 \\ &= 922.95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka gunakan $A_{s \min} = 922.95 \text{ mm}^2$.

→ Menghitung kebutuhan tulangan awal:

Asumsi penampang berada dalam kondisi terkontrol tarik ($\phi = 0,9$).

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi x b x d_x^2} \\ &= \frac{451204085}{0,9 x 450 x 586^2} = 3.244 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 x f'c} \\ &= \frac{400}{0,85 x 30} = 15.686 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

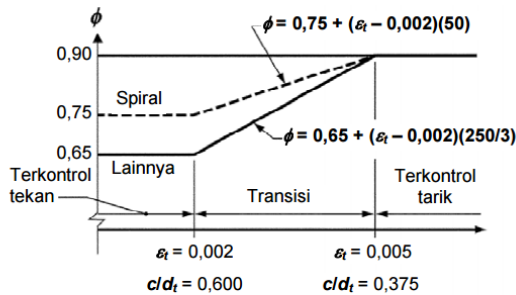
$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 3.244}{400}} \right) \\ &= 0.0087\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}, \text{ maka } \rho_{\text{pakai}} = 0.0087$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\text{Perlu}} \times b \times d_x \\ &= 0.0087 \times 450 \times 586 \\ &= 2295.54 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

→ Kontrol kondisi penampang

Kondisi penampang terkontrol tarik dapat dicek dengan gambar 7.3.



$$\begin{aligned}\text{Interpolasi pada } c/d_t: \quad &\text{Spiral} \quad \phi = 0.75 + 0.15[(1/(c/d_t)) - (5/3)] \\ &\text{Lainnya} \quad \phi = 0.65 + 0.25[(1/(c/d_t)) - (5/3)]\end{aligned}$$

Gambar 7.3 Zona Batas Regangan dan Variasi faktor reduksi kekuatan ϕ dengan regangan tarik Netto ϵ_t

Dimana nilai $c \leq 0,375dt$ untuk penampang terkontrol tarik.

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{Asx\phi f_y}{0,85x\phi' cxb} \\ &= \frac{2295.54 \times 400}{0.85 \times 30 \times 450} \\ &= 80.02 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{80.02}{0.836} = 95.74 \text{ mm}$$

$$0,375dt = 0,375 \times 586 = 219.75 \text{ mm}$$

Maka, $95.74 \text{ mm} \leq 219.75 \text{ mm}$ (asumsi awal benar penampang dalam kondisi terkontrol tarik).

→ Menentukan kebutuhan tulangan terpasang

$$\begin{aligned}As_{\text{perlu}} &\leq \frac{Mu}{\phi x \phi_y x \left(d_x - \frac{a}{2} \right)} \\ As_{\text{perlu}} &\leq \frac{451204085}{0.9 \times 400 \times \left(586 - \frac{80.02}{2} \right)} \\ As_{\text{perlu}} &\leq 2295.54 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

→ Menentukan jumlah tulangan utama terpasang

$$\begin{aligned}As_{\text{perlu}} &= As_{\text{lentur}} + As_{\text{penahan torsi}} \\ &= 2295.54 \text{ mm}^2 + 400.86 \text{ mm}^2 \\ &= 2696.40 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

→ Menentukan jumlah tulangan transversal pakai

$$As_{\text{s tul}} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 22^2 = 380.13 \text{ mm}^2$$

$$N_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{Perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{2696.40}{380.13} = 7.09 \approx 8 \text{ buah}$$

→ Cek tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 8 \times 380,13 &> 2696.40 \\ 3041.06 \text{ mm}^2 &> 2696.40 \text{ mm}^2 \quad (\mathbf{OK}) \end{aligned}$$

→ Cek momen nominal

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \\ &= \frac{3041.06 \times 400}{0.85 \times 30 \times 450} \\ &= 106.01 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0.9 \times 3041.06 \times 400 \times \left(586 - \frac{106.01}{2} \right) \\ &= 583515355 \text{ N.mm} > 451204085 \text{ N.mm} \quad (\mathbf{OK}) \end{aligned}$$

→ Kontrol jarak tulangan :

$$S = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{sengkan}) - (n \times D_{tul.lentur})}{n - 1}$$

$$S = \frac{450 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - (8 \times 22 \text{ mm})}{8 - 1}$$

$$S = 24 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\mathbf{NOT OK})$$

Karena syarat tidak memenuhi maka tulangan dipasang 2 lapis, dimana lapis pertama 6 buah dan lapis kedua 2 buah, maka:

$$S = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{senggang}}) - (n \times D_{\text{tul.lentur}})}{n - 1}$$

$$S = \frac{450 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - (6 \times 22 \text{ mm})}{6 - 1}$$

$$S = 42.4 \text{ mm} > 25 \text{ mm mm} \quad (\text{OK})$$

Maka tulangan transversal dipasang dua lapis, dengan jumlah tulangan 8D22.

- **Tumpuan Momen Positif**

→ Kontrol syarat kebutuhan tulangan minimum

Pada setiap penampang, tulangan transversal harus disediakan minimum sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5.1 seperti berikut.

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min.}} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \times b_w \times d' \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{400} \times 450 \times 586 \\ &= 902.72 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dan, tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d' \\ &= \frac{1,4}{400} \times 450 \times 586 \\ &= 922.95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka gunakan $A_{s \text{ Min}} = 922.95 \text{ mm}^2$.

→ Menghitung kebutuhan tulangan awal:

Asumsi penampang berada dalam kondisi terkontrol tarik ($\phi = 0,9$).

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\phi b x d_X^2} \\
 &= \frac{225602042}{0.9 \times 450 \times 586^2} = 1.622 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 x f'_c} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 30} = 15.686
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 1.622}{400}} \right) \\
 &= 0.0042
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}, \text{ maka } \rho_{\text{pakai}} = 0.0042$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{Perlu}} \times b \times d_X \\
 &= 0.0042 \times 450 \times 586 \\
 &= 1105.77 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

→ Kontrol kondisi penampang

Kondisi penampang terkontrol tarik dapat dicek dengan gambar sebelumnya, gambar 7.3 Zona Batas Regangan dan Variasi faktor reduksi kekuatan ϕ dengan regangan tarik Netto ϵ_t

Dimana nilai $c \leq 0,375dt$ untuk penampang terkontrol tarik.

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{A_s x f_y}{0,85 x f'_{c} x b} \\ &= \frac{1105,77 \times 400}{0,85 \times 30 \times 450} \\ &= 38,55 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{38,55}{0,836} = 46,123 \text{ mm}$$

$$0,375dt = 0,375 \times 586 = 219,75 \text{ mm}$$

Maka, $46,123 \text{ mm} \leq 219,75 \text{ mm}$ (asumsi awal benar penampang dalam kondisi terkontrol tarik).

→ Menentukan kebutuhan tulangan terpasang

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &\leq \frac{Mu}{\phi x f_y x \left(d_x - \frac{a}{2} \right)} \\ A_{s \text{ perlu}} &\leq \frac{225602042}{0,9 \times 400 \times \left(586 - \frac{38,55}{2} \right)} \\ A_{s \text{ perlu}} &\leq 1105,77 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

→ Menentukan jumlah tulangan utama terpasang

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= A_{s \text{ lentur}} + A_{s \text{ penahan torsi}} \\ &= 1105,77 \text{ mm}^2 + 400,86 \text{ mm}^2 \\ &= 1506,63 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

→ Menentukan jumlah tulangan transversal pakai

$$\begin{aligned}A_{s \text{ tul}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2 \\ N_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{s \text{ Perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} = \frac{1506,63}{380,13} = 3,96 \approx 4 \text{ buah}\end{aligned}$$

→ Cek tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ perlu} \\ 4 \times 380,13 &> 1506.63 \\ 1520.53 \text{ mm}^2 &> 1506.63 \text{ mm}^2 \quad (\mathbf{OK}) \end{aligned}$$

→ Cek momen nominal

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \\ &= \frac{1520.53 \times 400}{0.85 \times 30 \times 450} \\ &= 53.003 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0.9 \times 1520.53 \times 400 \times \left(586 - \frac{53.003}{2} \right) \\ &= 306264432 \text{ N.mm} > 225602042 \text{ N.mm} \quad (\mathbf{OK}) \end{aligned}$$

→ Kontrol jarak tulangan :

$$S = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{sengkan}}) - (n \times D_{\text{tul.lentur}})}{n - 1}$$

$$S = \frac{450 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - (4 \times 22 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$S = 85.33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\mathbf{OK})$$

Maka tulangan transversal dipasang satu lapis, dengan jumlah tulangan 4D22.

- **Lapangan**

→ Kontrol syarat kebutuhan tulangan minimum

Pada setiap penampang, tulangan transversal harus disediakan minimum sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5.1 seperti berikut.

$$\begin{aligned} A_{s \min} &= \frac{0,25x\sqrt{f'c}}{f_y} x b_w x d' \\ &= \frac{0,25 x \sqrt{30}}{400} x 450 x 586 \\ &= 902.72 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dan, tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} A_{s \min} &= \frac{1,4}{f_y} x b_w x d' \\ &= \frac{1,4}{400} x 450 x 586 \\ &= 922.95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka gunakan $A_{s \min} = 922.95 \text{ mm}^2$.

→ Menghitung kebutuhan tulangan awal:

Asumsi penampang berada dalam kondisi terkontrol tarik ($\phi = 0,9$).

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi x b x d_x^2} \\ &= \frac{316106775}{0,9 x 450 x 586^2} = 2.273 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 x f'c} \\ &= \frac{400}{0,85 x 30} = 15.686 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 2.273}{400}} \right) \\ &= 0.0060\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}, \text{ maka } \rho_{\text{pakai}} = 0.0060$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\text{Perlu}} \times b \times d_x \\ &= 0.0060 \times 450 \times 586 \\ &= 1571.91 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

→ Kontrol kondisi penampang

Kondisi penampang terkontrol tarik dapat dicek dengan gambar sebelumnya, gambar 7.3 Zona Batas Regangan dan Variasi faktor reduksi kekuatan ϕ dengan regangan tarik Netto ϵ_t

Dimana nilai $c \leq 0,375d_t$ untuk penampang terkontrol tarik.

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{A_s x f_y}{0,85 x f'_{c x b}} \\ &= \frac{1571.91 \times 400}{0.85 \times 30 \times 450} \\ &= 54.79 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{54.79}{0.836} = 65.57 \text{ mm}$$

$$0,375d_t = 0,375 \times 586 = 219.75 \text{ mm}$$

Maka, $65.57 \text{ mm} \leq 219.75 \text{ mm}$ (asumsi awal benar penampang dalam kondisi terkontrol tarik).

→ Menentukan kebutuhan tulangan terpasang

$$A_{s \text{ perlu}} \leq \frac{Mu}{\phi x f_y x \left(d_x - \frac{a}{2} \right)}$$

$$A_{s \text{ perlu}} \leq \frac{316106775}{0.9 \times 400 \times \left(586 - \frac{65.57}{2} \right)}$$

$$A_{s \text{ perlu}} \leq 1571.91 \text{ mm}^2$$

→ Menentukan jumlah tulangan utama terpasang

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= A_{s \text{ lentur}} + A_{s \text{ penahan torsi}} \\ &= 1571.91 \text{ mm}^2 + 255.86 \text{ mm}^2 \\ &= 1972.77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

→ Menentukan jumlah tulangan transversal pakai

$$A_{s \text{ tul}} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 22^2 = 380.13 \text{ mm}^2$$

$$N_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s \text{ Perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} = \frac{1972.77}{380.13} = 5.19 \approx 6 \text{ buah}$$

→ Cek tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &> A_{s \text{ perlu}} \\ 6 \times 380.13 &> 1506.63 \\ 2280.80 \text{ mm}^2 &> 1506.63 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

→ Cek momen nominal

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{A_s x f_y}{0.85 x f'_{c x b}} \\ &= \frac{2280.80 \times 400}{0.85 \times 30 \times 450} \\ &= 79.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0.9 \times 2280.80 \times 400 \times \left(586 - \frac{79.50}{2} \right) \\
 &= 448516582 \text{ N.mm} > 316106775 \text{ N.mm (OK)}
 \end{aligned}$$

→ Kontrol jarak tulangan :

$$S = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{sengkan}) - (n \times D_{tul.lentur})}{n - 1}$$

$$S = \frac{450 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - (6 \times 22 \text{ mm})}{6 - 1}$$

$$S = 42.40 \text{ mm} > 25 \text{ mm mm (OK)}$$

Maka tulangan transversal dipasang satu lapis, dengan jumlah tulangan 6D22

Gaya geser desain (V_e):

- Momen nominal ujung balok menurut SNI 2847:2013 gambar S21.5.4
Asumsi sendi plastis terbentuk di ujung balok dengan tegangan tulangan lentur mencapai $1,25 \cdot f_y$, dan Mpr balok adalah balok T, maka nilai A_s pelat sepanjang lebar efektif juga menambah besaran A_s untuk perhitungan Mpr.

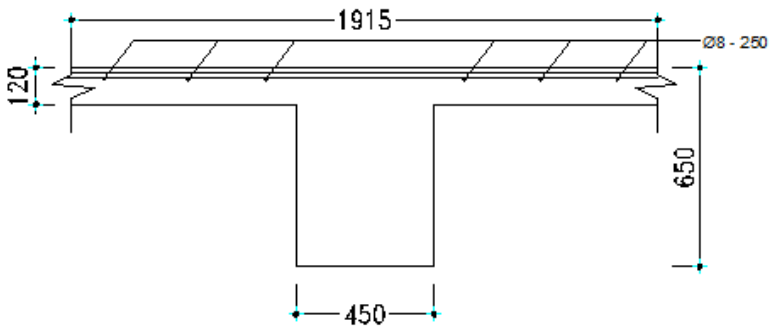
Lebar efektif balok T :

$$b_{\text{eff}} \leq 0,25 \cdot L_n = 0,25 \cdot 7650 = 1915 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq (2,8 \cdot h_{\text{plb}}) \cdot bw = (2,8 \cdot 120) + 450 = 2370 \text{ mm}$$

Maka, diambil yang menentukan yaitu 1915 mm

As tambahan dari balok T :



Gambar 7.4 Penampang Balok T

Pada gambar 7.4 terlihat, terdapat 8 tulangan Ø8 pada penampang sepanjang panjang efektif balok T. Sehingga As untuk perhitungan Mpr tumpuan akibat tulangan momen negatif yaitu :

$$A_s = (6.0,25 \cdot \pi \cdot 8^2) + 3041.06 = 3342.65 \text{ mm}^2$$

M_n tumpuan akibat tulangan momen negatif:

$$a_{pr-1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 3342.65 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 450} = 145.65 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr-1} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \cdot 3342.65 \cdot 400 \cdot \left(586 - \frac{145.65}{2} \right) \\ &= 857683853.25 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

M_n tumpuan akibat tulangan momen positif:

$$a_{pr-2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1520.53 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 450} = 66.25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr-2} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr-2}}{2} \right) \\
 &= 1,25 \times 1520,53 \times 400 \left(586 - \frac{66,25}{2} \right) \\
 &= 420330199,17 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

- Hitung gaya geser akibat M_{pr} SNI 2847:2013 Gbr. S21.5.4
 $V_u = 265284 \text{ N}$ (combo 1,2D+1L)

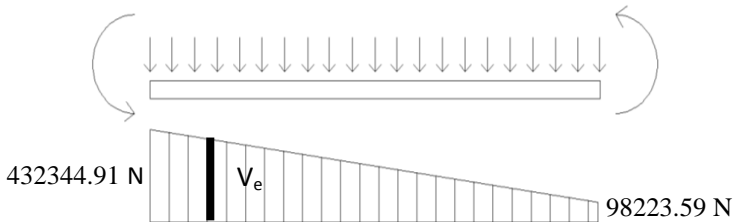
➤ Struktur bergoyang ke kiri

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sway_ki}} &= \frac{M_{pr_1} + M_{pr_2}}{l_n} \\
 &= \frac{857683853,25 + 420330199,17}{7650} \\
 &= 167061 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Reaksi ujung kiri balok	Reaksi ujung kanan balok
$= V_u + V_{\text{sway_ki}}$	$= V_u - V_{\text{sway_ki}}$
$= 265284 + 167061$	$= 265284 - 167061$
$= 432344,91 \text{ N}$	$= 98223,59 \text{ N}$

$$M_{pr_1} = 857683853,25 \text{ N.mm}$$

$$M_{pr_2} = 420330199,17 \text{ N.mm}$$



Gambar 7.5 Reaksi Ketika Struktur Bergoyang ke Kiri

Dari gambar 7.5 didapat nilai V_e sebesar:

$$V_e = \frac{432344.91}{l_n} \times (l_n - d)$$

$$= \frac{432344.91}{7650} \times (7650 - 586) = 399226.73 \text{ N}$$

➤ Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{\text{sway_ka}} = \frac{M_{pr_1} + M_{pr_2}}{l_n}$$

$$= \frac{857683853.25 + 420330199.17}{7650}$$

$$= 167061 \text{ N}$$

Reaksi ujung kiri balok

$$= V_u - V_{\text{sway_ki}}$$

$$= 265284 - 167061$$

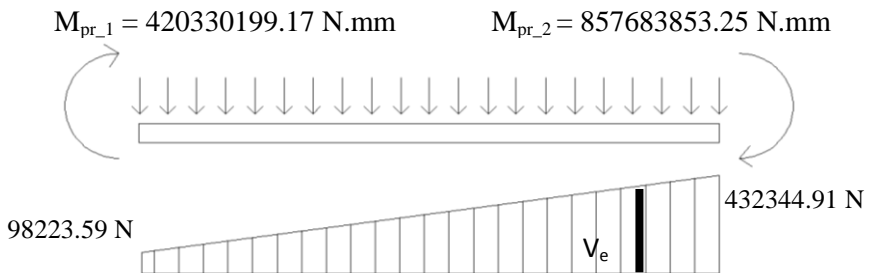
$$= 98223.59 \text{ N}$$

Reaksi ujung kanan balok

$$= V_u + V_{\text{sway_ki}}$$

$$= 265284 + 167061$$

$$= 432344.91 \text{ N}$$



Gambar 7.6 Reaksi Ketika Struktur Bergoyang ke Kanan

Dari gambar 7.6 didapat nilai V_e sebesar:

$$V_e = \frac{432344.91}{l_n} \times (l_n - d)$$

$$= \frac{432344.91}{7650} \times (7650 - 586) = 399226.73 \text{ N}$$

Perhitungan tulangan tranversal penahan geser dan torsi:

- Hitung tulangan di daerah sendi plastis (daerah sepanjang $2h$ dari muka kolom) dan di daerah luar sendi plastis sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.1.

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 nilai $V_c = 0$, bila kedua syarat berikut terpenuhi:

$$1. V_e \geq 0.5 \times V_u$$

$$399226.73 \text{ N} \geq 0.5 \times 265284 \text{ N}$$

$$399226.73 \text{ N} \geq 132642 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

$$2. P_u \leq \frac{A_g \cdot f'_c}{20}$$

$$0 \leq \frac{(450 \times 650) \times 30}{20} = 87750 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

Maka, nilai V_c dapat diabaikan ($V_c = 0$)

- Daerah sendi plastis muka kolom (tumpuan)
 $2 \times h = 2 \times 650 = 1300 \text{ mm}$ dari muka kolom

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{399226.73}{0.75} - 0 = 532302.30 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{532302.30}{400 \times 586} = 2.271 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Daerah sendi luar plastis muka kolom (lapangan)
 $2 \times h = 2 \times 650 = 1300 \text{ mm}$ dari muka kolom

$$V_e = \frac{(7650 - 1300) \times (432344.91 - 98223.59)}{7650}$$

$$= 277342.53 \text{ N}$$

$$V_c = 0.17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 0.17 \times \sqrt{30} \times 450 \times 586$$

$$= 245538.55 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{277342.53}{0.75} - 245538.55 = 124251.50 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{124251.50}{400 \times 586} = 0.530 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Kebutuhan tulangan transversal penahan geser dan torsi

➤ Daerah sendi plastis

$$\frac{A_v + t}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s} = 2.271 + 0.0431 = 2.314 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan sengkang 2 kaki diameter 13 mm:

$$A_s = 2 \times 0.25 \times \pi \times 13^2 = 265.46 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{265.46}{2.314} = 114.72 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Syarat jarak tulangan pada sendi plastis harus sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 21.5.3.2:

1. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu
2. Spasi sengkang tertutup tidak boleh lebih dari:

$$100 \text{ mm} < \frac{d}{4} = \frac{586}{4} = 146.50 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} < 6 \times \text{tul. longitudinal} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

Karena memenuhi syarat maka spasi tulangan transversal menggunakan, **D13 – 100**

➤ Daerah luar sendi plastis

$$\frac{A_v + t}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s} = 0.530 + 0.0431 = 0.573 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan sengkang 2 kaki diameter 13 mm:

$$A_s = 2 \times 0.25 \times \pi \times 13^2 = 265.46 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{265.46}{0.573} = 463.152 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Syarat jarak tulangan pada daerah diluar sendi plastis harus sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 21.5.3.4 :

$$250 \text{ mm} < \frac{d}{2} = \frac{586}{2} = 293 \text{ mm} \rightarrow (OK)$$

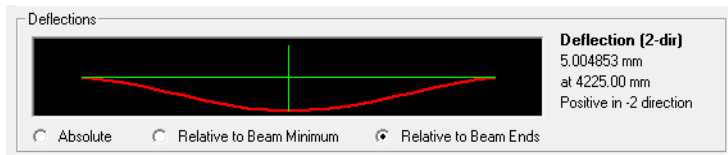
Syarat memenuhi, maka digunakan **D13 – 250**

Kontrol lendutan yang terjadi:

Lendutan izin seketika harus memenuhi SNI 2847:2013 Tabel 9.5(b), yaitu:

$$\frac{l_n}{360} = \frac{7650}{360} = 21.25 \text{ mm}$$

Dari output SAP lendutan akibat kombinasi 1.2D + 1.6L dapat dilihat pada gambar 7.7 berikut ini :



Gambar 7.7 Grafik Lendutan yang terjadi pada Balok

Dapat dilihat pada gambar 7.7 bahwa lendutan maksimum terjadi pada 4.225 m di tengah bentang dengan lendutan sebesar 5.005mm.

Cek:

$$\delta_{ijin} < \delta_{terjadi} \rightarrow 21.25 \text{ mm} > 5.005 \text{ mm} \rightarrow OK$$

Kontrol retak:

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan terdekat ke muka tarik (S) tidak boleh melebihi yang diberikan oleh:

$$S = 380x \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5.Cc$$

Tetapi tidak lebih besar dari:

$$S = 380x \left(\frac{280}{fs} \right)$$

Dimana:

C_c = Jarak terkecil permukaan tulangan ke muka tarik = 40 mm

$$fs = \frac{2}{3} \times fy = \frac{2}{3} \times 400 = 266,67 \text{ Mpa}$$

Maka:

$$S = 380x \left(\frac{280}{266,67} \right) - 2,5.40 = 299 \text{ mm}$$

$$S = 380x \left(\frac{280}{266,67} \right) = 399 \text{ mm}$$

Cek:

Yang menentukan adalah $299 \text{ mm} > 66,5 \text{ mm} \rightarrow OK$

Panjang penyaluran tulangan berkait:

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.1 panjang penyaluran tulangan berkait (ldh) diambil sesuai dengan nilai:

$$Ldh = \frac{fy \cdot db}{5,4 \cdot \sqrt{f'c}} = \frac{400 \cdot 22}{5,4 \cdot \sqrt{30}} = 297,53 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

dan tidak boleh kurang dari:

- $300 \text{ mm} > 8 \text{ db} = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$
- $300 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$

Maka dipakai $ldh = 300 \text{ mm}$

Panjang penyaluran tulangan tarik:

- Tulangan atas pada tumpuan yang terpasang sebanyak 8 D22, dimana 6 buah tulangan akan dipasang menerus sepanjang bentang dan 2 buah tulangan akan dipotong.

Menurut ketentuan pada SNI 2847:2013 pasal 12.10.3, yaitu:

$$\frac{L_n}{4} + 12 \text{ db} = 1912.5 \text{ mm} + (12 \times 22) = 2176.5 \text{ mm} \dots (1)$$

$$L_n + d = 1912.5 \text{ mm} + 586 \text{ mm} = 2498.5 \text{ mm} \dots (2)$$

Kedua nilai diatas perlu dibandingkan dengan nilai panjang penyaluran dalam kondisi tarik yang ditentukan oleh SNI 2847:2013 pasal 12.2, yaitu:

$$db = 22 \text{ mm}$$

$$\Psi_t = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4 (a))}$$

$$\Psi_e = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4 (b))}$$

$$\Psi_s = 0,8 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4 (c))}$$

$$\lambda = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4 (d))}$$

$$Cb = 64$$

$$Ktr = 0 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.3 (d))}$$

Panjang penyaluran dihitung sesuai dengan rumus pada SNI 2847:2013 pasal 12.2.3:

$$\frac{Cb + Ktr}{db} < 2,5 \rightarrow \frac{64 + 0}{22} < 2,5 \rightarrow 2,91 < 2,5 \rightarrow \text{pakai } 2,5$$

$$\begin{aligned} L_d &= \left(\frac{f_y}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c}} \times \frac{\Psi_t \cdot \Psi_a \cdot \Psi_s}{\left(\frac{Cb + Ktr}{db} \right)} \right) \times db \\ &= \left(\frac{400}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \times \frac{1 \cdot 1 \cdot 0,8}{(2,5)} \right) \times 22 \\ &= 467,39 \text{ mm} \dots (3) \end{aligned}$$

$$L_d \text{ min} = 300 \text{ mm} \dots (4) \text{ (SNI 2847:2013 pasal 12.2.1)}$$

Dari nilai (1), (2), (3), (4) diambil nilai terbesar yaitu :
2498.5 mm \approx 2500 mm

Namun nilai L_d tersebut perlu ditinjau terhadap SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.2 untuk tinggi beton yang dicetak melebihi 300 mm maka:

$$L_d \geq 3,25 l_{dh}$$

$$2500 \text{ mm} \geq 3,25 \times 300 = 975 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Jadi digunakan nilai L_d sebesar 2500 mm.

Panjang penyaluran tulangan tekan:

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan (l_{dc}) tidak boleh kurang dari:

– 200 mm

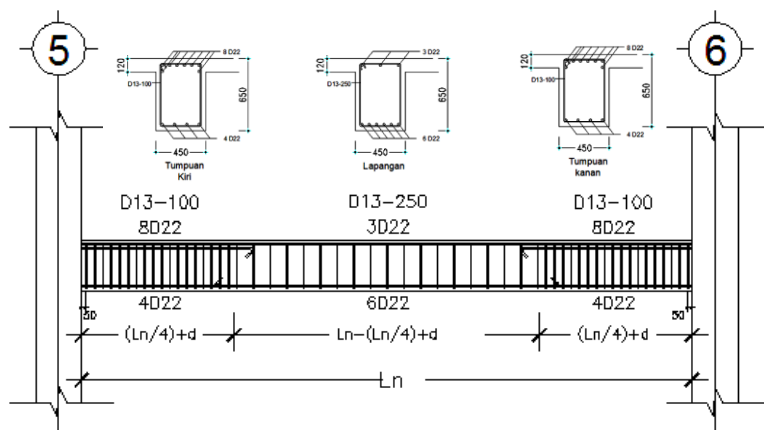
$$- \quad L_{dc} = \left(\frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) x_{db} = \left(\frac{0,24 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{30}} \right) x_{22} = 385,6 \text{ mm}$$

$$- \quad L_{dc} = 0,043 \cdot f_y \cdot d_b = 0,043 \cdot 400 \cdot 22 = 378,4 \text{ mm}$$

Yang menentukan adalah 385,6 mm \approx 400 mm

Hasil perhitungan tulangan balok BC-1 :

Torsi tumpuan – lapangan	= 2 D16
Longitudinal tumpuan kiri	= 8 D22
Longitudinal lapangan	= 6 D22
Longitudinal tumpuan kanan	= 8 D22
Transversal tumpuan kiri	= D13 - 100
Transversal lapangan	= D13 - 200
Transversal tumpuan kanan	= D13 - 100



Gambar 7.8 Penampang Balok Induk Tipe B.I.C-1 Lantai GF

Tabel 7.1 Resume Perhitungan Tulangan Balok Induk Lantai GF

Tipe Balok	B.I.C-1				B.I.C-2			
	Balok Induk Interior				Balok Induk Exterior			
Dimensi	450 x 650				450 x 650			
Tulangan Torsi	2	D		16	2	D		16
Longitudinal tumpuan kiri	8	D		22	4	D		22
Longitudinal lapangan	6	D		22	4	D		22
Longitudinal tumpuan kanan	8	D		22	4	D		22
Transversal tumpuan kiri	D	13	-	100	D	13	-	120
Transversal lapangan	D	13	-	250	D	13	-	250
Transversal tumpuan kanan	D	13	-	100	D	13	-	120

7.2.2. Kolom KC-1

Pada struktur gedung Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro terdapat beberapa jenis kolom. Sebagai contoh perhitungan, akan didesain kolom interior yang terletak pada As D-2. Dengan data perencanaan sebagai berikut:

a. Data perencanaan

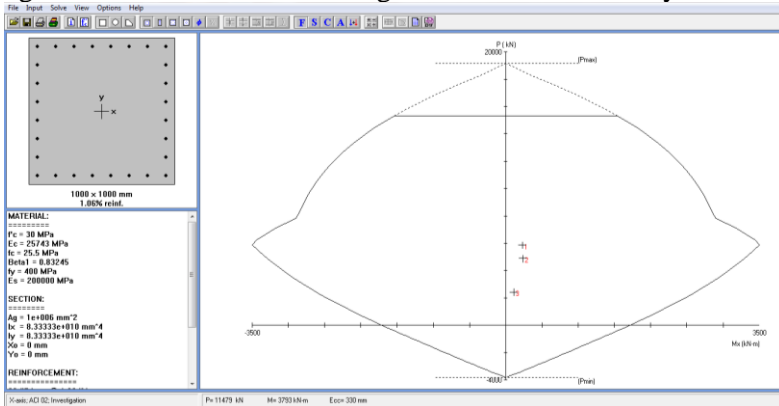
Tipe kolom		: KC-1
Tinggi Kolom (L)		: 3000 mm
Dimensi kolom (b)		: 1000 mm
	(h)	: 1000 mm
Diameter tulangan (lentur)		: 22 mm (490,874 mm ²)
	(geser)	: 13 mm (132,732 mm ²)
Mutu tulangan (lentur) f_y		: 400 Mpa
	(geser) f_y	: 240 Mpa
Mutu beton (f'_c)		: 30 Mpa
Selimut beton (s)		: 40 mm
(SNI 2847:2013 pasal 7.7.1)		
Tinggi efektif (d.)		: 936 mm
	(d'')	: 64 mm

Nilai β_1 menurut SNI 03-2847-2013 Ps.10.2.7.3

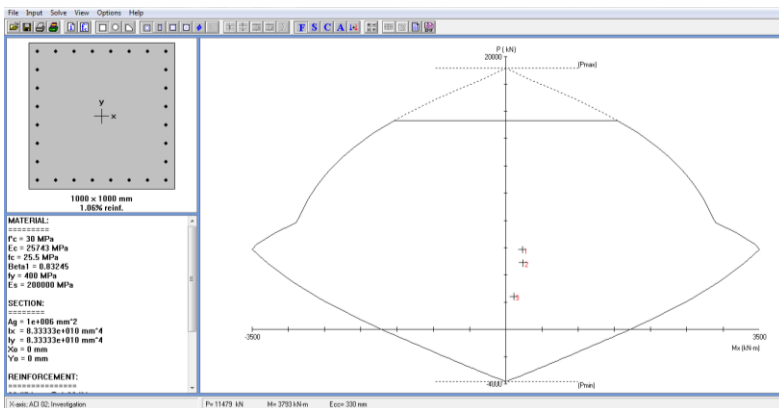
$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \\
 &= 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,836
 \end{aligned}$$

b. Perencanaan Tulangan Lentur

Dengan menggunakan program bantu PcaCol, semua gaya dalam dari tabel 7.2 dimasukkan ke program bantu sebagai beban. Dari beberapa kali percobaan maka didapat *output* seperti pada gambar 7.10 untuk arah x dan gambar 7.11 untuk arah y.



Gambar 7.10 Diagram Interaksi Kolom (Arah X)



Gambar 7. 11 Diagram Interaksi Kolom (Arah Y)

Digunakan tulangan 28 D22 dengan rasio tulangan sebesar 1.06% dan jarak minimal antar tulangan sebesar 124 mm.

Kemudian dilakukan kontrol pemasangan tulangan longitudinal berdasarkan SNI 2847:2013.

- Cek batas tulangan komponen tekan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1:

$$1\% < 1.06\% < 6\% \rightarrow \text{OK}$$

- Cek batas spasi bersih tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.1:

$$S = \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \text{Øsengkang} - n \cdot \text{Øtul utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{1000 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - (7 \times 22 \text{ mm})}{7 - 1}$$

$$S = 124 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Kontrol Strong Column Weak Beam:

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 dimana nilai ΣM_{nc} pada joint (AS D-2) diperoleh dari diagram interaksi kolom, dengan mengambil nilai momen yang dihasilkan dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kekuatan lentur terendah kolom atas dan kolom bawah yang menuju pada joint yang sama. Untuk ΣM_{nb} pada joint (AS D-2) nilainya ditentukan dari jumlah kekuatan lentur nominal balok yang menuju ke dalam joint yang sama.

➤ ΣM_{nc} pada joint AS D-2 (Arah X)

No .	Pu kN	Mux kN-m	fMnx kN-m	fMn/Mu
1	5872.1	229.6	3498.9	15.239
2	4890.5	235.9	3291.6	13.955
3	2432.3	110.2	2619.9	23.774

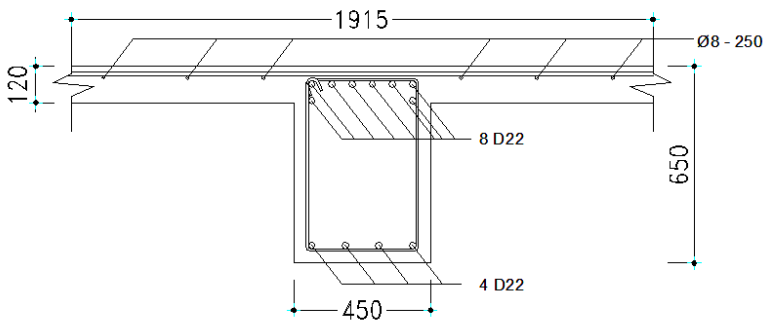
Gambar 7.12 Output Diagram Interaksi Kolom Arah X

Pada gambar 7.12 didapat nilai M_{nc} terendah kolom dimana untuk kolom atas dan bawah nilainya diambil sama. Sehingga didapatkan nilai ΣM_{nc} seperti berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma M_{nc} &= M_{nc1} + M_{nc2} \\ &= 3489.90 + 3489.90 = 6997.80 \text{ kNm}\end{aligned}$$

➤ ΣM_{nb} pada joint AS D - 2 (Arah X)

Ditinjau terhadap balok B1.C - 1 (AS 2/C-D) tumpuan kanan dan balok B1.C - 1 (AS 2/D - E) tumpuan kiri dimana nilai ΣM_{nb} diambil dari penjumlahan kekuatan lentur nominal balok yang menuju ke dalam joint yang sama. Untuk balok induk B1.C - 1 (AS 2/C - D) dan B1.C - 1 (AS 2/D - E) merupakan balok dengan tipe yang sama gambar 7.13, maka untuk perhitungan nilai M_{nb} cukup dilakukan satu kali perhitungan saja.



Gambar 7.13 Detail Penulangan Balok B1.C-1
(As 2/C-D dan As 2/D-E)

Tumpuan kanan (M_{nb1}):

As balok : 8 D22 (3041.06 mm²)

As pelat dalam lebar eff. : 6 Ø8 (301.59 mm²)

As total = 3041.06 + 301.59 = 3342.65 mm²

$$a = \frac{1,25 \times A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1,25 \times 3342,65 \times 400}{0,85 \times 30 \times 450} = 145,65 \text{ mm}$$

$$d = 650 - (40 + 13 + 22) = 575 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 3342,65 \times 400 \left(575 - \frac{145,65}{2} \right) \\ &= 839299253,04 \text{ N.mm} = 839,30 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Tumpuan kiri (Mnb2):

As balok : 8 D22 (3041,06 mm²)

As pelat dalam lebar eff. : 6 Ø8 (301,59 mm²)

As total = 3041,06 + 301,59 = 3342,65 mm²

$$a = \frac{1,25 \times A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1,25 \times 3342,65 \times 400}{0,85 \times 30 \times 450} = 145,65 \text{ mm}$$

$$d = 650 - (40 + 13 + 22) = 575 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 3342,65 \times 400 \left(575 - \frac{145,65}{2} \right) \\ &= 839299253,04 \text{ N.mm} = 839,30 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan balok induk diatas, didapatkan nilai kuat momen balok ΣM_{nb} :

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nb} &= M_{nb1} + M_{nb2} \\ &= 839,30 + 839,30 = 1602,87 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Syarat strong column weak beam (Arah X) :

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nc} &\geq 1,2 \Sigma M_{nb} \\ 6997,80 \text{ kN.m} &\geq 1,2 \times 1602,87 \\ 6997,80 \text{ kN.m} &\geq 1923,45 \text{ kN.m} \rightarrow (\text{OK}) \end{aligned}$$

Jadi, syarat dari *strong column weak beam* pada arah X terpenuhi.

➤ ΣM_{nc} pada joint AS D - 2 (Arah Y)

No.	Pu kN	Muy kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	5872.1	10.4	3498.9	337.695
2	4890.5	22.0	3291.6	149.932
3	2432.3	64.9	2619.9	40.370

Gambar 7.14 Output Diagram Interaksi Kolom Arah Y

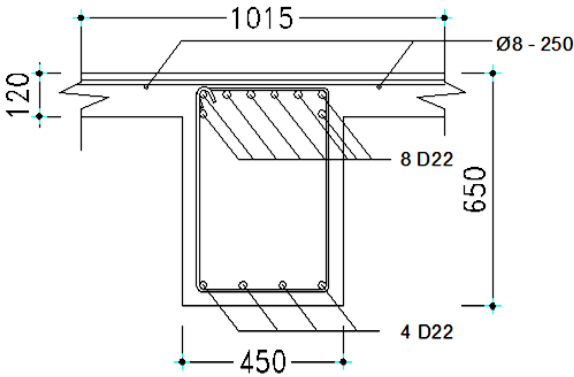
Pada gambar 7.14 didapat nilai M_{nc} terendah kolom dimana untuk kolom atas dan bawah nilainya diambil sama. Sehingga didapatkan nilai ΣM_{nc} seperti berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma M_{nc} &= M_{nc1} + M_{nc2} \\ &= 3489.90 + 3489.90 = 6997.80 \text{ kNm}\end{aligned}$$

➤ ΣM_{nb} pada joint AS D - 2 (Arah Y)

Ditinjau terhadap balok B.I.C - 1 (AS D/1-2) tumpuan kanan gambar 7.15 dan balok B.I.C - 1 (AS D/2-3) tumpuan kiri gambar 7.16 dimana nilai ΣM_{nb} diambil dari penjumlahan kekuatan lentur nominal balok yang menuju ke dalam joint yang sama.

Tumpuan kanan (Mnb3):



Gambar 7.15 Detail Penulangan Balok B.I.C-1 (AS D/1-2)

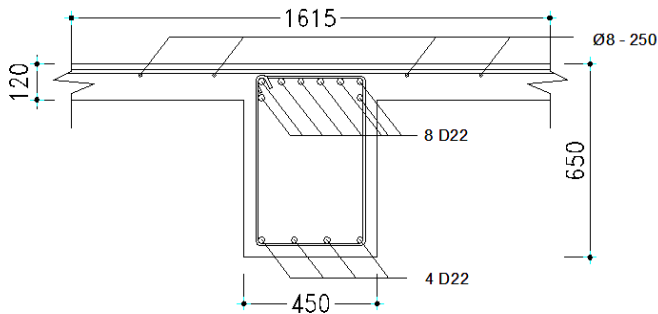
As balok : 8 D22 (3041.06 mm²)
 As pelat dalam lebar eff. : 2 Ø8 (100.53 mm²)
 As total = 3041.06 + 100.53 = 3141.59 mm²

$$a = \frac{1,25 \times A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1,25 \times 3141,59 \times 400}{0,85 \times 30 \times 450} = 136,89 \text{ mm}$$

$$d = 650 - \left(40 + 13 + 22 + \frac{40}{2}\right) = 555 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 1,25 \times 3141,59 \times 400 \times \left(555 - \frac{136,89}{2}\right) \\ &= 764279930,86 \text{ N.mm} = 764,28 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Tumpuan kiri (Mnb4):



Gambar 7.16 Detail Penulangan Balok B1.C-1 (AS D/2-3)

As balok : 8 D22 (3041.06 mm²)
 As pelat dalam lebar eff. : 4 Ø8 (201.06 mm²)
 As total = 3041.06 + 201.06 = 3242.12 mm²

$$a = \frac{1,25 \times A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1,25 \times 3242,12 \times 400}{0,85 \times 30 \times 450} = 141,27 \text{ mm}$$

$$d = 650 - (40 + 13 + 22 + \frac{40}{2}) = 555 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 3242,12 \times 400 \times \left(555 - \frac{141,27}{2} \right) \\ &= 785186411,35 \text{ N.mm} = 785,186 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan balok induk diatas, didapatkan nilai kuat momen balok ΣM_{nb} :

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nb} &= M_{nb3} + M_{nb4} \\ &= 764,28 + 785,186 = 1549,47 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Syarat strong column weak beam (Arah Y) :

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nc} &\geq 1,2 \Sigma M_{nb} \\ 6997,80 \text{ kN.m} &\geq 1,2 \times 1549,47 \\ 6997,80 \text{ kN.m} &\geq 1859,36 \text{ kN.m} \rightarrow (\text{OK}) \end{aligned}$$

Jadi, syarat dari *strong column weak beam* pada arah Y terpenuhi.

c. Perencanaan Tulangan Geser

- Panjang l_0 dari muka kolom
Tulangan transversal harus dipasang sepanjang panjang l_0 dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastik rangka yang disyaratkan pada SNI 2847 : 2013 Pasal 21.6.4.1. Panjang l_0 tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :
 - $l_0 \geq 650 \text{ mm}$
 - $l_0 \geq \frac{1}{6} \times (3000-650) = 391,67 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$
 - $l_0 \geq 450 \text{ mm}$
 Maka l_0 pakai adalah yang paling menentukan yaitu 650 mm.

- Spasi tulangan transversal sepanjang l_0 :
Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.3 spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_0 komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$\begin{aligned}
 - S &\leq \frac{1}{4} \times b = \frac{1}{4} \times 1000 = 250 \text{ mm} \\
 - S &\leq 6 \times d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm} \\
 - S &\leq 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) = 65.50 \text{ mm} \\
 - S &\leq 150 \text{ mm} \\
 - S &\geq 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan spasing yang paling menentukan yaitu, $S = 100 \text{ mm}$.

- Tulangan transversal minimum
Luas penampang total tulangan sengkang persegi, A_{sh} tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.4, berikut:

$$\begin{aligned}
 b_c &= 1000 - (2 \times 40) - 13 = 907 \text{ mm} \\
 A_g &= 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2 \\
 A_{ch} &= (1000 - (2 \times 40))^2 = 846400 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= 0,3 \times \frac{S \times b_c \times f'_c}{f_y} \times \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \\
 &= 0,3 \times \frac{100 \times 907 \times 30}{400} \times \left[\left(\frac{1000000}{846400} \right) - 1 \right] \\
 &= 370,34 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ash &= 0,09x \frac{Sx b c x f'c}{fyt} \\
 &= 0,09x \frac{100x907x30}{400} \\
 &= 612,225 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi Ash diambil yang terbesar yaitu 612,225 mm².

- Kebutuhan tulangan transversal

Asumsi awal tulangan transversal 2 kaki D13 dengan $A_v = 265,465 \text{ mm}^2$. Maka:

$$n = \frac{Ash}{A_v} = \frac{612,225}{265,465} = 2,306 \approx 3 \text{ kaki}$$

karena syarat pemasangan tulangan transversal yang tidak boleh melebihi 350 mm sesuai syarat SNI 2847 : 2013 Gbr. S21.6.4.2, maka tulangan transversal pakai adalah 3 kaki D13 – 100. Dengan Ash seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 Ash &= 0,25 \times \pi \times n \times D^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 6 \times 13^2 \\
 &= 796.39 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan transversal pakai adalah 3 kaki D13 – 100.

- Spasi tulangan transversal diluar l_0 :

Diluar panjang l_0 ,kolom harus mengandung tulangan spiral atau sengkang dengan spasi minimum yang memenuhi SNI 2847 : 2013 Pasal 21.6.4.5 ,berikut:

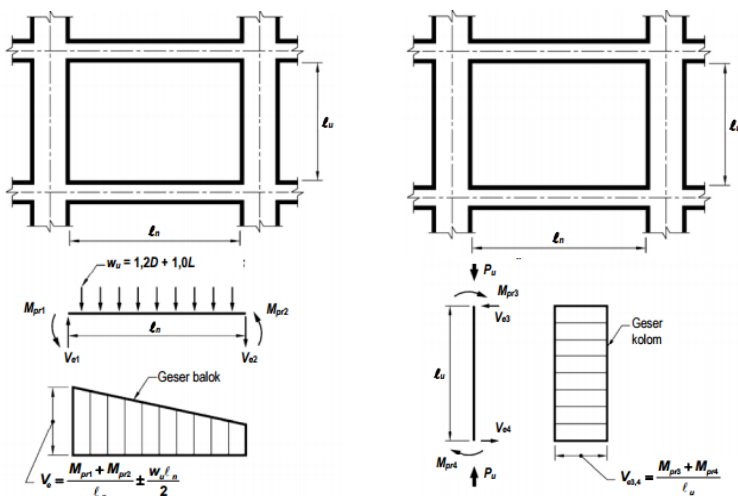
- $S \leq 6 \times db = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- $S \leq 150 \text{ mm}$

Jadi nilai S tidak boleh melebihi yang terkecil dari nilai diatas, maka S pakai adalah 125 mm.

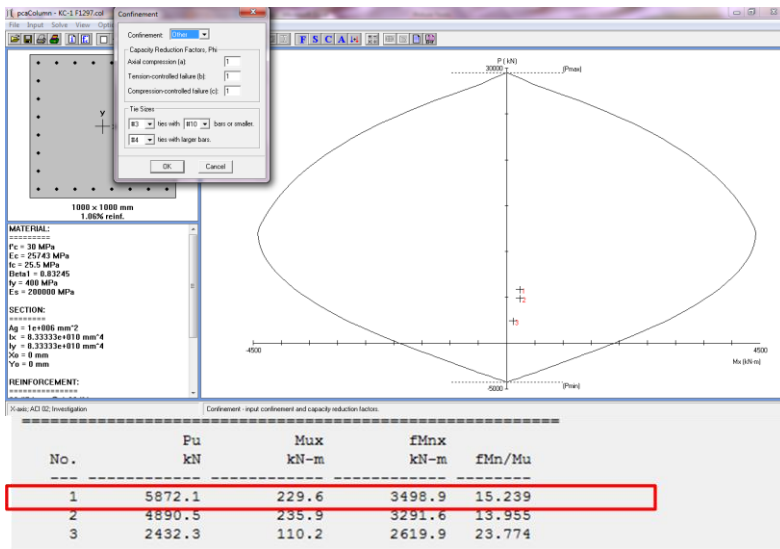
Jadi tulangan transversal diluar l_0 adalah 3 kaki D13 – 125

- Kontrol kekuatan tulangan transversal pada kolom.
Tulangan transversal sebagai penahan gaya geser harus didesain dengan gaya geser V_e dimana nilainya tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor dari analisa struktur dan momen ujung M_{pr} untuk kolom tidak perlu lebih besar dari momen yang dihasilkan oleh M_{pr} balok yang berada pada joint balok-kolom yang sama dimana nilainya diatur dalam SNI 2847 : 2013 Pasal 21.6.5.1, dan dapat dihitung seperti pada gambar 7.18.

Nilai M_{pr} kolom didapat dari diaram interaksi kolom yang menghasilkan nilai momen terfaktor terbesar akibat beban P_u terfaktor dengan menggunakan nilai $f_s = 1,25 f_y$ dan $\phi = 1$ dimana nilai tersebut adalah kekuatan leleh yang ditetapkan. Untuk nilai M_{pr} kolom struktur ini dapat dilihat pada gambar 4.63 dimana kolom atas dan bawah memiliki nilai yang sama karena kolom lantai 1-5 merupakan satu tipe kolom.



Gambar 7.17 Gaya Geser Desain Untuk Kolom dan Balok



Gambar 7.18 Nilai Mpr Kolom KC-1

Jadi, dari diagram interaksi kolom pada gambar 7.18 didapatkan nilai Mpr untuk Kolom Atas dan bawah adalah 3498.90 kN.m, nilai Mpr untuk kolom tidak perlu diambil lebih besar dari nilai Mpr balok 857.68 kN.m. Maka nilai Mpr pakai untuk perhitungan V_e yaitu Mpr dari balok dan nilainya tidak boleh diambil kurang dari V_u output SAP

$$\begin{aligned}
 V_e &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} = \frac{1.25 \times 3242.12 \times 400}{2350} \\
 &= 729944 \text{ N} \\
 &= 729.94 \text{ kN} \geq V_u = 265.28 \text{ kN} \rightarrow (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- Kontrol gaya geser nominal
Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.1.1 kuat geser nominal harus memenuhi persamaan berikut:

$$V_e \leq \phi V_n$$

$$V_e \leq \emptyset (V_s + V_c)$$

Dimana:

V_n = Gaya geser nominal

V_s = Gaya geser tulangan

V_c = Gaya geser beton

➤ Gaya geser beton

Gaya geser beton dapat diabaikan ($V_c = 0$) sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.2 bila beberapa syarat berikut ini terpenuhi:

$$1. 0,5 \times V_e \geq V_u$$

$$0,5 \times 729.94 \text{ kN} \geq 265.28 \text{ kN}$$

$$364.97 \text{ kN} \geq 265.28 \quad \rightarrow \text{(OK)}$$

$$2. P_u \leq \frac{A_g \cdot f'_c}{10}$$

$$5872059 \text{ N} \leq \frac{(1000 \times 1000) \times 30}{10}$$

$$5872059 \text{ N} \leq 3000000 \text{ N}$$

$$5872.06 \text{ kN} > 3000 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{(NOT OK)}$$

Jadi penampang perlu ditinjau terhadap nilai V_c nya.

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 11.2.1.2 untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial, maka nilai V_c nya :

$$V_c = 0,17x \left(1 + \frac{P_u}{14x A_g} \right) x \lambda x \sqrt{f'_c} x b_w x d$$

$$= 0,17x \left(1 + \frac{5872059}{14 \times 1000000} \right) x 1 x \sqrt{30} x 1000 x 536$$

$$= 1237087 \text{ N}$$

$$= 1237.09 \text{ kN}$$

➤ Gaya geser tulangan

Untuk nilai gaya geser tulangan (V_s) dihitung berdasarkan tulangan confinement (A_{sh}) dan spasi (S) terpasang sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.2, berikut:

$$V_s = \frac{A_{sh} \times f_{yt} \times d}{S} = \frac{769.39 \times 400 \times 936}{100}$$

$$= 2981698.15 \text{ N} = 2981.70 \text{ Kn}$$

Jadi kontrol untuk gaya geser nominal dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_n = V_s + V_c$$

$$= 2981.70 + 1237.09 = 4218.79 \text{ kN}$$

Cek,

$$V_e \leq \phi V_n$$

$$729.94 \text{ kN} \leq 0.75 \times 4218.79 \text{ kN}$$

$$729.94 \text{ kN} \leq 3164.09 \text{ kN} \rightarrow \text{(OK)}$$

Maka tulangan transversal sebagai confinement 3 kaki D13 - 100 dapat digunakan sejarak 650 mm dari muka joint dan 2 kaki D13 - 125 diluar dari jarak tersebut untuk tipe kolom K1.

d. Desain Hubungan balok dan Kolom

- Syarat panjang joint

Untuk beton normal, dimensi kolom yang sejajar tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok SNI 2847:2013 Pasal 21.7.2.3.

$$b = h = 1000 \text{ mm} > 20 \text{ db}$$

$$1000 \text{ mm} > 20 \times 22 \text{ mm}$$

$$1000 \text{ mm} > 440 \text{ mm} \rightarrow \text{(OK)}$$

- Kebutuhan tulangan geser joint

$$\frac{Ash}{S} = \frac{612,225}{100} = 6.122 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

senggang pakai, 3 D13–100 dengan $Ash = 796.39 \text{ mm}^2$

$$S \leq \frac{796.39}{6.122} = 128.46 \text{ mm}$$

$$S \leq 100 \text{ mm}$$

Jadi, tulangan transversal pakai untuk HBK adalah 3 kaki D13 - 100.

e. Perencanaan Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

➤ Penyaluran Sambungan Tulangan Vertikal Kolom

Sambungan tulangan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan l_d yang ditentukan oleh SNI 2847:2013 Pasal 12.2.3, dimana:

$$d_b = 22 \text{ mm}$$

$$\Psi_t = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4 (a))}$$

$$\Psi_e = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4 (b))}$$

$$\Psi_s = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4 (c))}$$

$$\lambda = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4 (d))}$$

$$C_b = 62,5$$

$$K_{tr} = 0 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.3 (d))}$$

Panjang penyaluran dihitung sesuai dengan rumus pada SNI 2847:2013 pasal 12.2.3:

$$\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} < 2,5 \rightarrow \frac{62,5 + 0}{22} < 2,5 \rightarrow 2,84 < 2,5 \rightarrow \text{pakai } 2,5$$

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c}} \times \frac{\Psi_t \cdot \Psi_a \cdot \Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{400}{1,1 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{30}} \times \frac{1.1 \cdot 0,8}{(2,5)} \right) \times 22 \\
 &= 467,39 \text{ mm} \\
 &\approx 500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$L_d \text{ min} = 300 \text{ mm} \dots$ (SNI 2847:2013 pasal 12.2.1)

Jadi, didapat panjang sambungan lewatan tulangan kolom (l_d) sepanjang 500 mm.

➤ Panjang Penyaluran pada Ujung Joint

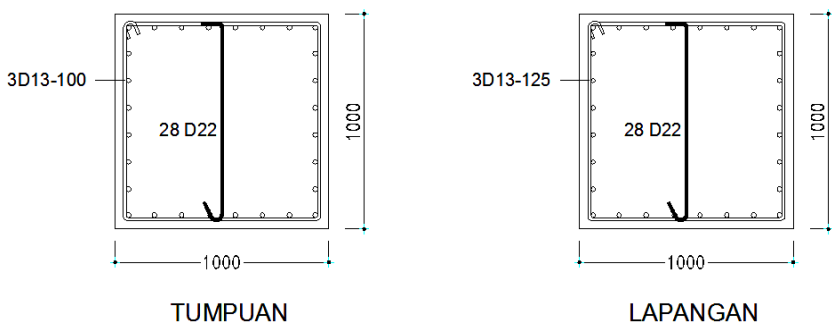
Untuk diameter 10 – 36, panjang penyalur l_{dh} untuk batang tulangan dengan kait 90 derajat pada beton normal tidak boleh kurang dari yang terbesar. Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.7.5.1.

$$l_{dh} \geq 8 d_b = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq \frac{f_y \times d_b}{5.4 \times \sqrt{f_c'}} = \frac{400 \times 25}{5.4 \times \sqrt{30}} = 297.53 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Jadi, digunakan $l_{dh} = 300 \text{ mm}$



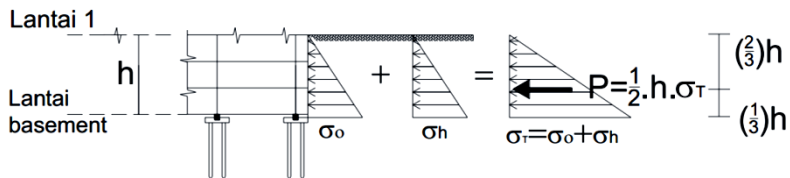
Gambar 7.19 Penulangan Kolom Tipe KC-1

Tabel 7.2 Resume Perhitungan Tulangan Kolom Lantai GF

Type Kolom	KC-1				KC-2			
Dimensi	1000 x 1000				800 x 800			
Lokasi	As A-J/1-3				As A-G/4-6			
Tulangan Lentur Tumpuan	28	D	22		20	D	22	
Tulangan Lentur Lapangan	28	D	22		20	D	22	
Transversal Tumpuan	D	13	-	100	D	13	-	100
Transversal Lapangan	D	13	-	125	D	13	-	125

7.2.3. Perencanaan Dinding Basement

Dinding basement adalah dinding beton yang berfungsi menahan gaya lateral yang terjadi akibat tekanan tanah.



Gambar 7.20 Diagram tegangan yang terjadi pada dinding basement

- a. Data perencanaan :
- Tebal pelat = 250 mm
 - Selimit beton = 50 mm
 - Tinggi Basement = 3000 mm
 - F_c' = 30 Mpa
 - F_y = 400 Mpa
 - Diameter tulangan = 16 mm

Tabel 7.4 Tabel Hubungan antara Parameter Tanah
(J.E Bowless, 1984)

	Cohesionless Soil / Sol Pulverent				
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
γ (kN/m ³)	-	12-16	14-18	16-20	18-23
Φ	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
	Cohesive Soil / Soil Coherent				
N (blows)	<4	4-6	6-15	16-25	>25
γ (kN/m ³)	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
q_u (kN/m ²)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Diketahui :

Nilai N-SPT = 4 (pada kedalaman – 3 m)

Jenis Tanah = Lanau berlempung (pada kedalaman – 3 m)

$$\begin{aligned}\gamma_t &= 16 \text{ kN/m}^3 \\ &= 1631.55 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_u &= 20 \text{ kN/m}^2 \\ &= 2039.43 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C &= \frac{qu}{20} \\ &= \frac{2039.43}{20} = 101.97 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

$$\emptyset = 0^\circ$$

Tekanan tanah lateral untuk kondisi tanah aktif

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\emptyset}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{0}{2} \right) = 1$$

σ_h = tekanan lateral oleh tanah

$$\begin{aligned}\sigma_h &= (\sigma_v \cdot K_a + 2 c \sqrt{K_a}) \times 1 \text{ m} \\ &= (\gamma \cdot H \cdot K_a + 2 c \sqrt{K_a}) \times 1 \text{ m}\end{aligned}$$

Tabel 7.5 Tabel Rekapitulasi Perhitungan σ_a

H_{BASEMENT}	$\gamma \cdot H \cdot K \cdot L$	$2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a} \cdot L$	σ_a
m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²
0	0	203.94	203.94
0.5	815.77	203.94	1019.72
1	1631.55	203.94	1835.49
1.5	2447.32	203.94	2651.26
2	3263.09	203.94	3467.04
2.5	4078.86	203.94	4282.81
3	4894.64	203.94	5098.58

- b. Momen yang terjadi
(Output SAP)

$$Mu_{\max} = 5749.25 \text{ Kgm} = 56383875 \text{ Nmm}$$

- c. Menentukan Rasio Tulangan

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 (30 - 28) / 7 = 0.836 \\ \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035 \\ \rho_{\text{balance}} &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.836 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.0320 \\ \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_{\text{balance}} = 0.75 \times 0.0320 = 0.0240 \\ m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 15.686 \end{aligned}$$

- d. Penulangan Lentur Dinding Basement

$$\begin{aligned} d &= t - \text{selimut beton} - 0.5 \varnothing \text{ tulangan} - \varnothing \text{ tulangan} \\ &= 250 - 50 - 16 - (1/2 \times 16) \\ &= 176 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{56383875}{0.9 \times 1000 \times 176} = 2.022 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 2.022}{400}} \right] \\ &= 0.00527 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0.0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0.00527 < \rho_{\max} = 0.0240$$

maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0.00527$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00527 \times 1000 \times 176 = 928.30 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø16 – 150 ($A_s = 1340.41 \text{ mm}^2$)

Kontrol Mn dengan Mu ($\phi M_n \geq M_u$)

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1340.41 \cdot 400}{0.85 \cdot 30 \cdot 1000} = 21.03 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \left(176 - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0.9 \times 1340.41 \times 400 \left(176 - \frac{21.03}{2} \right) \\ &= 71869955 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} \phi M_n & > & M_u \\ 71869955 \text{ Nmm} & > & 56383875 \text{ Nmm} \end{array} \quad \dots \text{OK!}$$

Untuk tulangan susut:

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 176 = 318.80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan bagi Ø16 – 250 ($A_s = 804.25 \text{ mm}^2$)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{array}{ccc} S_{\max} & \leq & 2t_p \\ 150 & \leq & 2 \times 200 = 400 \end{array} \quad \dots \text{OK!}$$

e. Kontrol Regangan

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{2009,60 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 31,52 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - 0,05 (30 - 28)/7 = 0,836$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{31,52}{0,836} = 37,72$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{192 - 37,72}{37,72} 0,003$$

$$= 0,012 > 0,003 \quad (\text{Memenuhi } \phi = 0,90)$$

f. Kontrol ketebalan minimum dinding basement

$$t_{\text{pakai}} \geq t_{\text{min}}$$

$$200 > 100 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!}$$

$$t_{\text{pakai}} \geq t_{\text{min}}$$

$$200 > \frac{1}{25} 3000 = 120 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!}$$

Keterangan :

- Harga β_1 (Pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013)
- ϕ (Lentur) = 0.9 (Pasal 9.3.2.1 SNI 2847:2013)
- Harga ρ (Tulangan susut) (Pasal 7.12.2.1 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Perhitungan Lentur (Pasal 21.5 SNI 2847:2013)
- Kontrol Regangan (Pasal 9.3.2 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Ketebalan minimum (Pasal 14.5.3 SNI 2847:2013)

7.2.4. Perencanaan Pelat Lantai Basement

Tekanan yang terjadi pada lantai basement sama dengan tekanan hidrostatik oleh air tanah. Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya yaitu sama dengan permukaan tanah. Besarnya tekanan tanah tersebut sama dengan berat air yang dipindahkan oleh basement sehingga pada pembebanan lantai basement merupakan tekanan hidrostatik oleh air tanah.

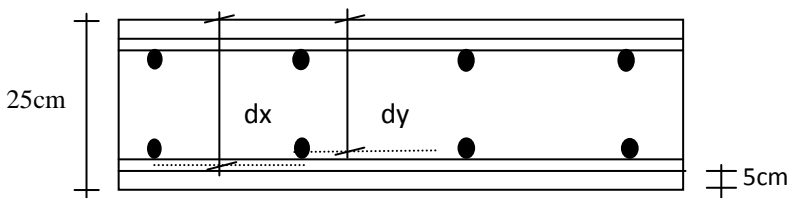
Digunakan contoh perhitungan pada tipe pelat A lantai basement elevasi -3,00.

a. Data Perencanaan :

Tebal pelat	= 250 mm
Selimut beton	= 50 mm
Tinggi Basement	= 3000 mm
F_c'	= 30 Mpa
F_y	= 400 Mpa
Diameter tulangan utama	= 16 mm
Diameter tulangan susut	= 12 mm
γ_w	= 1000 kg/m ³

$$L_y = 845 \text{ cm} - (40\text{cm} + 40\text{cm})/2 = 805 \text{ cm}$$

$$l_x = 700 \text{ cm} - (40\text{cm} + 40\text{cm})/2 = 660 \text{ cm}$$



Gambar 7.21 Detail Ketebalan Plat Lantai Basement

$$dx = 25\text{cm} - 5\text{cm} - (1/2 \cdot 1,6\text{cm}) = 19,2 \text{ cm}$$

$$dy = 25\text{cm} - 5\text{cm} - 1,6\text{cm} (1/2 \cdot 1,6\text{cm}) = 17,6 \text{ cm}$$

Tekanan hidrostatik oleh air tanah

$$\begin{aligned}\sigma_h &= \gamma_w \cdot H_{\text{basement}} \\ \sigma_h &= 1000 \times 3 = 3000 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Beban Plat Lantai Basement

$$\begin{aligned}q_d &= t_{\text{plat}} \times B J_{\text{beton}} \\ q_d &= 0.25 \times 2400 = 600 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d \text{ total}} &= \sigma_h - q_d \\ &= 3000 \text{ kg/m}^2 - 600 \text{ kg/m}^2 = 2400 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Kombinasi beban plat basement

$$q_u = 1.4 q_d = 1.4 \times 2400 = 3360 \text{ kg/m}^2$$

Momen pada plat (PBBI 1971, Tabel 13.3.1)

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{805}{660} = 1.22$$

$$\begin{aligned}M_{lx} &= 0.001 \times q_u \times Lx^2 \times X \\ &= 0.001 \times 3360 \times 6.60^2 \times 28 = 4098.12 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{ly} &= 0.001 \times q_u \times Lx^2 \times X \\ &= 0.001 \times 3360 \times 6.60^2 \times 20 = 2927.23 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{tx} &= 0.001 \times q_u \times Lx^2 \times X \\ &= 0.001 \times 3360 \times 6.60^2 \times 64 = 9367.14 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{ty} &= 0.001 \times q_u \times Lx^2 \times X \\ &= 0.001 \times 3360 \times 6.60^2 \times 56 = 8196.25 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

b. Menentukan Rasio Tulangan

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f_c' - 28)}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 (30 - 28) / 7 = 0.836\end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0320 \\
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,0320 = 0,0240 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686
 \end{aligned}$$

c. Penulangan Arah X

$$M_{\text{tx}} = 9367,14 \text{ kg.m} = 91863566 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 d_x &= t - \text{selimut beton} - 0,5 \text{ } \emptyset \text{ tulangan} \\
 &= 250 - 50 - (1/2 \times 16) \\
 &= 192 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{91863566}{0,9 \times 1000 \times 192} = 2,769 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 2,769}{400}} \right] \\
 &= 0,00735
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,00735 < \rho_{\text{maks}} = 0,0240$$

maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,00735$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00735 \times 1000 \times 192 = 1410,291 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan tulangan } \emptyset 16 - 100 & (\text{As} = 2009,60 \text{ mm}^2)
 \end{aligned}$$

Kontrol Mn dengan Mu ($\phi M_n \geq M_u$)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{2009,60 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 31.52 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \left(192 - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0.9 \times 2009.60 \times 400 \left(192 - \frac{31.52}{2} \right) \\ &= 127500751 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} \phi M_n & > & M_u \\ 127500751 \text{ Nmm} & > & 91863566 \text{ Nmm} \end{array} \quad \dots \text{OK!}$$

Untuk tulangan bagi:

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 178 = 320.40 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan bagi $\phi 12 - 250$ ($A_s = 452.16 \text{ mm}^2$)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$S_{max} \leq 2t_p$$

$$100 \leq 2 \times 200 = 400 \quad \dots \text{OK!}$$

Kontrol Regangan

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{2009,60 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 31.52 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 (30 - 28) / 7 = 0.836\end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{31.52}{0.836} = 37.72$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{192-37.72}{37.72} 0,003$$

$$= 0,012 > 0,003 \quad (\text{Memenuhi } \phi=0,90)$$

d. Penulangan Arah Y

$$M_{ty} = 8196.25 \text{ kg.m} = 80380620 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} d_y &= t - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ tulangan} - 0.5 \emptyset \text{ tulangan} \\ &= 250 - 50 - 16 - (1/2 \times 16) \\ &= 176 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{80380620}{0.9 \times 1000 \times 176^2} \\ &= 2.883 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 2,883}{400}} \right] \\ &= 0.00767 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0.0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0.00767 < \rho_{\max} = 0.0240$$

maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0.00767$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00767 \times 1000 \times 176 = 1349.83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 16 - 100$ (As = 2009.60 mm²)

Kontrol Mn dengan Mu ($\phi M_n \geq M_u$)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{2009,60 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 31,52 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi A_s \cdot f_y \left(176 - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 2009,60 \times 400 \left(176 - \frac{31,52}{2} \right) \\ &= 115925455 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} \phi M_n & > & M_u \\ 115925455 \text{ Nmm} & > & 80380620 \text{ Nmm} \end{array} \quad \dots \text{OK!}$$

Untuk tulangan bagi:

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 178 = 320,40 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan bagi $\phi 12 - 250$ ($A_s = 452,16 \text{ mm}^2$)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned}S_{max} &\leq 2t_p \\ 100 &\leq 2 \times 200 = 400 \end{aligned} \quad \dots \text{OK!}$$

Kontrol Regangan

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{2009,60 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 31,52 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 (30 - 28) / 7 = 0,836\end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{31,52}{0,836} = 37,72$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} 0,003$$

$$\epsilon_t = \frac{192 - 37.72}{37.72} 0,003$$

$$= 0,012 > 0,003 \quad (\text{Memenuhi } \phi = 0,90)$$

Keterangan :

- Harga β_1 (Pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013)
- ϕ (Lentur) = 0.9 (Pasal 9.3.2.1 SNI 2847:2013)
- Harga ρ (Tulangan susut) (Pasal 7.12.2.1 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Perhitungan Lentur (Pasal 21.5 SNI 2847:2013)
- Kontrol Regangan (Pasal 9.3.2 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Ketebalan minimum (Pasal 14.5.3 SNI 2847:2013)

7.2.5. Perencanaan Sloof

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban –beban yang bebaskan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

a. Data Perencanaan :

$$\begin{aligned} \text{Dimensi sloof : } b &= 400 \text{ mm} \\ h &= 600 \text{ mm} \\ A_g &= 240000 \text{ mm}^2 \\ \text{Mutu bahan : } f'_c &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. sengkang} = \emptyset 12$$

$$\text{Tul. utama} = \text{D22}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (d)} &= 600 - (75 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22) \\ &= 502 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Beban-beban yang terjadi pada sloof :

$$\text{Beban dinding } 1.2 \times 0.25 \times 4 \times 2400 = 2160 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sloof } 1.2 \times 0.40 \times 0.60 \times 2400 = \underline{619.2 \text{ kg/m}}$$

$$Q_u = 2851.2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Panjang sloof} = 6.50 \text{ m}$$

$$M_u = 1/12 \times q_u \times L^2$$

$$= 1/12 \times 2851.2 \times 8.45^2 = 16965.23 \text{ kgm}$$

$$D(Vu) = 1/2 \times q_u \times L$$

$$= 1/2 \times 2851.2 \times 8.45 = 12046.32 \text{ kg}$$

- Penulangan tarik pada sloof

$$M_u = 16965.23 \text{ kgm} = 166378050 \text{ Nmm}$$

$$D(Vu) = 12046.32 \text{ kg} = 118138.26 \text{ N}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{V_u}{f_y} \\ &= \frac{118138.26}{400} \\ &= 295.35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A'_s &= 0.5 A_s \\ &= 0.5 \times 295.35 \\ &= 147.67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{166378050}{0.9} \\ &= 184864500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 30} = 15.69
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\
 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{30' - 28}{7} \right) = 0.836
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0.85 \times 0.836 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.0320
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75 \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0.75 \times 0.032 = 0.0240
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{184864500}{400 \times 502^2} = 1.834$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 1.834}{400}} \right) = 0.0048
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}, \text{ maka } \rho_{\text{pakai}} = 0.0048$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0.0048 \times 400 \times 502 \\ &= 956.37 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{s1}' &= 0.50 \times A_s \\ &= 478.18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tarik : } A_s + A_{s1} &= 295.35 + 956.37 \\ &= 1251.72 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan tarik 4 D19 ($A_s = 1521 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan : } A_s' + A_{s1}' &= 147.67 + 478.18 \\ &= 625.85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan tekan 4 D19 ($A_s = 1521 \text{ mm}^2$)

Kontrol jarak tulangan ;

$$S = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{senggang}}) - (n \times D_{\text{tul.lentur}})}{n - 1}$$

$$S = \frac{400 \text{ mm} - (2 \times 75 \text{ mm}) - (2 \times 12 \text{ mm}) - (4 \times 22 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$S = 46 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots \text{Jarak tulangan memenuhi.}$$

- Penulangan Geser Sloof

$$V_u = 118138.26 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

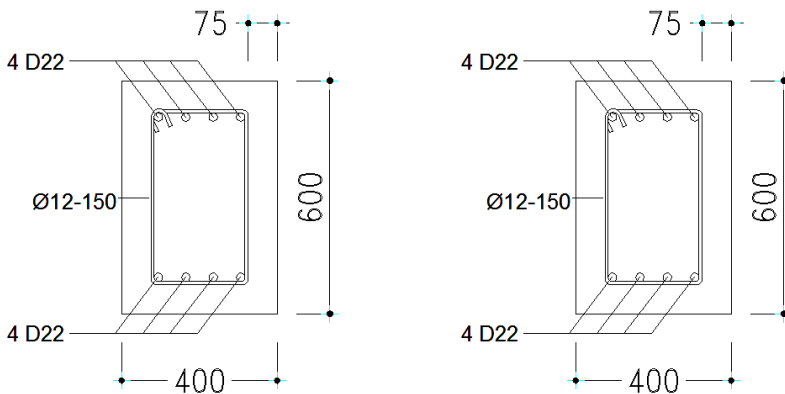
$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b d \\ &= 2 \left(1 + \frac{118138.26 \text{ N}}{14 \times 240000} \right) \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 502 \\ &= 276910.227 \text{ N} > V_u = 35100 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga menurut Pasal 11.11.1 SNI 2847-2013 diberi tulangan geser minimum atau praktis

$$\text{Syarat } S_{\text{maks}} \leq d/2 = 502 / 2 = 251 \text{ mm dan} \\ S_{\text{maks}} < 600 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan geser **Ø12 – 150**, sengkang 2 kaki.

Dipasang sengkang daerah tumpuan **Ø12 – 150 mm** sepanjang $2h = 2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$ dari muka balok, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka balok.



Gambar 7.22 Penulangan Sloof Daerah Tumpuan dan Lapangan

Keterangan :

- Harga β_i (Pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013)
- ϕ (Lentur) = 0.9 (Pasal 9.3.2.1 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Perhitungan Lentur (Pasal 21.5 SNI 2847:2013)
- ϕ (Geser) = 0.75 (Pasal 9.3.2.3 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Tulangan Geser (Pasal 11.1.1 dan Pasal 11.4.7 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Jarak Tulangan Geser (Pasal 11.4.5.1 SNI 2847:2013)

7.3. Pondasi

Pondasi adalah komponen struktur pendukung bangunan yang berada di posisi paling bawah dan berfungsi meneruskan beban struktur atas ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemakaian pondasi dalam bergantung pada kekuatan tanah yang ada. Jika penggunaan pondasi dangkal tidak cukup kuat menahan beban struktur di atasnya, maka digunakan pondasi dalam. Umumnya pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti apartemen, hotel dll. Dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi (D) dengan diameternya (B) adalah lebih besar sama dengan 10 ($D/B \geq 10$). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada Golden Tulip Essensial Hotel Bojonegoro ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Tiang pancang yang akan dipakai adalah tiang pancang produksi PT. Jaya Brton Indonesia. Dalam bab ini pembahasannya meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan dan perencanaan poer (pile cap).

7.4. Data Tanah

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah dimana suatu struktur akan dibangun. Sehingga kita bisa merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data hasil penyelidikan dilapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia dilapangan data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT).

7.5. Kriteria Desain

Kekuatan dan Dimensi Tiang

- Dipakai tiang pancang prestress (*Prestressed Concrete Pile*) dengan berjenis *Spun Piles*.
- Tiang pancang yang direncanakan adalah menggunakan alternatif jenis tiang dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Dimensi luar = D500 mm
 - Kelas = AB
 - Tebal Penampang = 90 mm
 - Luas penampang = 1159 cm²
 - P_{bahan} = 178 ton
 - Cracking Bending Momen = 12,5 tm
 - Ultimate Bending Momen = 18,8 tm

Sumber : PT.Jaya Beton Indonesia.

7.6. Daya Dukung Tanah

7.6.1. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT), tiang pancang dipasang dengan kedalaman 33.0 m.

- $Q_u = Q_p + Q_s$
- $Q_p = q_p \times A_p$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_p \\
 &= (N_p \times K) \times A_p \\
 &= (21.67 \times 20) \times 0.196 = 85.08 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dimana :

N_p = Harga rata-rata SPT di sekitar $4D = (4 \times 0.5) = 2 \text{ m}$
di atas hingga $4D$ di bawah dasar tiang pondasi

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{17 + 25 + 23}{3} \right) \\
 &= 21.67
 \end{aligned}$$

K = Koefisien karakteristik tanah
 $= 12 \text{ t/m}^2$, untuk tanah lempung
 $= 20 \text{ t/m}^2$, untuk tanah lanau berlempung
 $= 25 \text{ t/m}^2$, untuk tanah lanau berpasir
 $= 40 \text{ t/m}^2$, untuk tanah pasir
 $= 40 \text{ t/m}^2$, untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)

A_p = Luas penampang dasar tiang
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times (0.6)^2 = 0.196 \text{ m}^2$

q_p = tegangan di ujung tiang

$$\begin{aligned}
 Q_s &= q_s \times A_s \\
 &= \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \\
 &= \left(\frac{13.27}{3} + 1 \right) \cdot 47.12 = 161.39 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dimana :

q_s = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2

N_s = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam,
dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$

L_{tp} = Panjang kedalaman tiang – tinggi basement

A_s = keliling x panjang tiang yang terbenam (L_{tp})
 $= \pi \times 0.50 \times (33 - 3) = 47.12 \text{ m}^2$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin\ 1\ tiang} = \frac{Qu}{SF} = \frac{161.39 + 85.08}{3} = 82.16\ ton$$

Dimana :

SF = *Safety Factor* = 3

7.6.2. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Pada saat sebuah tiang merupakan bagian dari sebuah grup, daya dukungnya akan mengalami modifikasi karena pengaruh dari grup tiang tersebut. Modifikasi ini dibedakan menjadi 2 sebab yaitu :

1. Pengaruh grup pada saat pelaksanaan pemancangan tiang pondasi
2. Pengaruh grup akibat sebuah beban yang bekerja.

Untuk perhitungan daya dukung tiang pondasi grup harus dikalikan koefisien efisiensi.

$$Q_{grup} = Q_{l\ (1\ tiang)} \times n \times C_e$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\theta / S)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Dimana :

Q_{grup} = Daya dukung tiang pondasi grup

$Q_{l\ 1\ tiang}$ = Daya dukung 1 tiang pondasi

n = Jumlah tiang pondasi dalam satu grup

C_e = Koefisien efisiensi

θ = diameter tiang pondasi

S = Jarak as ke as antar tiang

m = Jumlah baris

Dengan menggunakan perumusan Converse – Laberre :

$$E_k = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (n-1)m}{90mn} \right]$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar tiang pancang

m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris

n = jumlah baris tiang pancang

Θ = Arc tg D/s (dalam derajat)

Apabila jarak antar tiang pancang dalam grup $\geq 3D$, efisiensi daya dukung tiang tidak perlu diperhitungkan.

7.6.3. Repartisi Beban - Beban Diatas Tiang Kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x y_{\max}}{\sum y^2}$$

Dimana :

P_v = Beban vertikal ekivalen

V = Beban vertikal dari kolom

n = banyaknya tiang dalam group

M_x = momen terhadap sumbu x

M_y = momen terhadap sumbu y

x_{\max} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

y_{\max} = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum x^2$ = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

$\sum y^2$ = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

Nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negatif bila berlawanan dengan arah e.

7.7. Perhitungan Pondasi Tipe PC-2

7.7.1 Daya Dukung Satu Tiang Pancang

Nilai daya dukung ini diambil dari nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi

Jaya Beton), didapat : $\bar{P}_{1 \text{ tiang}} = 178 \text{ ton}$.

- Daya dukung tanah :

$\bar{P}_{1 \text{ tiang}} = 85.08 \text{ ton}$

Maka daya dukung satu tiang dipakai sebesar 85.08 ton.

Perhitungan jarak tiang : ($D = 50 \text{ cm}$)

$2D \leq S \leq 2.5D$ dengan $S = \text{jarak antar tiang}$

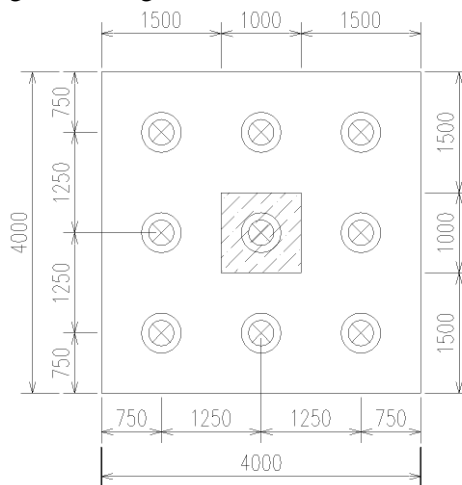
$1 \leq S \leq 1.25$ dipakai $S = 125 \text{ cm}$

$1D \leq S \leq 1.5D$ dengan $S = \text{jarak tepi}$

$50 \leq S \leq 75$ dipakai $S = 75 \text{ cm}$

Direncanakan pondasi tiang dengan 9 tiang pancang.

Jarak dari as ke as tiang adalah 1.25 meter dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar 7.23 Pondasi Tiang Pancang Kolom KC-1

Direncanakan menggunakan tiang pancang \varnothing 50 cm,

$$E_k = 1 - \left(\arctan \frac{500}{1250} \right) \left[\frac{(3-1)3 + (3-1)3}{90 \times 3 \times 3} \right] \\ = 0.68$$

Diambil tiang pancang dengan kedalaman (D) 33 m dari perhitungan yang ditabelkan (terlampir), didapat nilai daya dukung satu tiang pancang :

$$P \text{ beban tetap} = 82.16 \text{ kg} \times 0.68 = 55.62 \text{ ton}$$

Jadi diambil P beban tetap = 55.62 ton = 55620.39 kg (dari daya dukung tanah)

7.7.2 Perhitungan Repartisi Beban Diatas Tiang Kelompok

Dari hasil analisis SAP 2000 pada kolom, diperoleh:

Tabel 7.6 Hasil Analisis SAP 2000 untuk Kolom KC-1

TABLE: Element Forces - Frames					
OutputCase	P	HX	HY	MX	MY
Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
1D+1L	466550.13	7306.06	743.28	66.87	4430.61
1D+1L+EX	467168.75	7952.67	1404.79	658.31	9692.94
1D+1L+EY	467011.76	8283.71	2730.54	777.7	6184

$$P_i = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_x y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \pm \frac{M_y x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

$$\sum y_i^2 = 6 \times (1.25)^2 = 9.375 \text{ m}^2$$

$$\sum x_i^2 = 6 \times (1.25)^2 = 9.375 \text{ m}^2$$

Beban Tetap:

$$P_{D+L} = \frac{466550.13}{9} \pm \frac{66.87 \times 1.25}{9.375} \pm \frac{4430.61 \times 0.625}{9.375}$$

$$= 52143.19 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan})$$

Beban sementara:

$$P_{D+L+EX} = \frac{467168.75}{9} \pm \frac{658.31 \times 1.25}{9.375} \pm \frac{9692.94 \times 0.625}{9.375}$$

$$= 52641.61 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan})$$

$$P_{D+L+EY} = \frac{467011.76}{9} \pm \frac{777.7 \times 1.25}{9.375} \pm \frac{6184 \times 0.625}{9.375}$$

$$= 52406.16 \text{ kg}$$

Kontrol beban tetap

$$P_{\max} = 52143.19 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 55620.39 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

Kontrol beban sementara

$$P_{\max} = 52641.61 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 1.25 \times 55620.39 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 52641.61 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 69525.49 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

7.7.3 Kontrol Terhadap Gaya Lateral

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philiphonat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

Tanah bersifat multi layer

L_e = panjang penjepitan

$$= 3D$$

$$= 3 \times 0,5 \text{ m}$$

$$= 1,50 \text{ m}$$

Arah Y

$$M_y = L_e \times H_y = 1,50 \text{ m} \times 2730,54 \text{ kg} \\ = 4095,81 \text{ kg.m} = 4,10 \text{ tm}$$

$$M_y \text{ (satu tiang pancang)} = \frac{4,10}{9} = 0,46 \text{ tm}$$

$$M_y = 0,46 \text{ Tm} < M_{\text{bending crack}} = 12,5 \text{ Tm} \quad \rightarrow \text{OK}$$

Arah X

$$M_x = L_e \times H_x = 1,50 \text{ m} \times 8283,71 \text{ kg} \\ = 12425,57 \text{ kg.m} = 12,43 \text{ tm}$$

$$M_x \text{ (satu tiang pancang)} = \frac{12,43}{9} = 1,38 \text{ tm}$$

$$M_x = 1,38 \text{ Tm} < M_{\text{bending crack}} = 12,5 \text{ Tm} \quad \rightarrow \text{OK}$$

7.7.4 Perencanaan Poer Pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

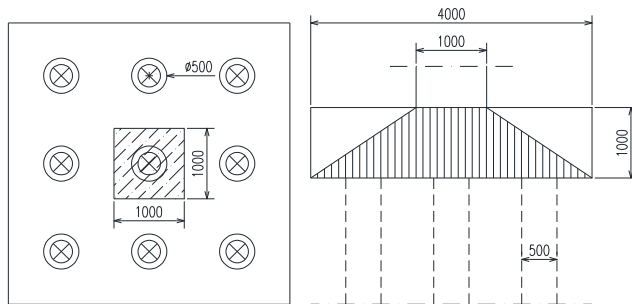
Data-data perancangan poer

- P_{\max} (1 tiang) $= 55.62 \text{ ton}$
- Jumlah tiang pancang $= 9 \text{ buah}$
- Dimensi poer $= 4.0 \times 4.0 \times 1.0 \text{ m}$
- Mutu beton (f_c') $= 30 \text{ MPa}$
- Mutu baja (f_y) $= 400 \text{ MPa}$
- Diameter tulangan $= 22 \text{ mm}$
- Selimut beton $= 75 \text{ mm}$
- Tinggi efektif (d)
- $d_x = 1000 - 75 - \frac{1}{2} 22 = 914 \text{ mm}$
- $d_y = 1000 - 75 - 22 - \frac{1}{2}(22) = 892 \text{ mm}$

7.7.5 Kontrol Geser Pons

- **Akibat Kolom**

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.



Gambar 7.24 Geser Pons Akibat Kolom

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

Atau

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_o d$$

dimana :

β_c = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$(\text{daerah beban terpusat}) = \frac{1000}{1000} = 1$$

Tinggi efektif balok poer :

$$d_x = 1000 - 75 - \frac{1}{2} 22 = 914 \text{ mm}$$

b_o = Keliling penampang kritis

$$= 2(b_k + d) + 2(b_k + d)$$

dimana : b_k = lebar penampang kolom

d = tebal efektif poer

$$b_o = 2 \times (1000 + 914) \times 2 = 7656 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1,00} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 7656 \times 914 \\ &= 19163673,02 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 7656 \times 914 \\ &= 12775782,02 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 12775782,02 = 9581836,512 \text{ N} \\ &= 958183,651 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya pada Pu kolom = 407906,40 kg

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 958183,651 \text{ kg} > P_u = 467168,75 - 55620,39 \\ &= 411548,36 \text{ kg} \dots \textbf{OK!} \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Pancang

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

atau,

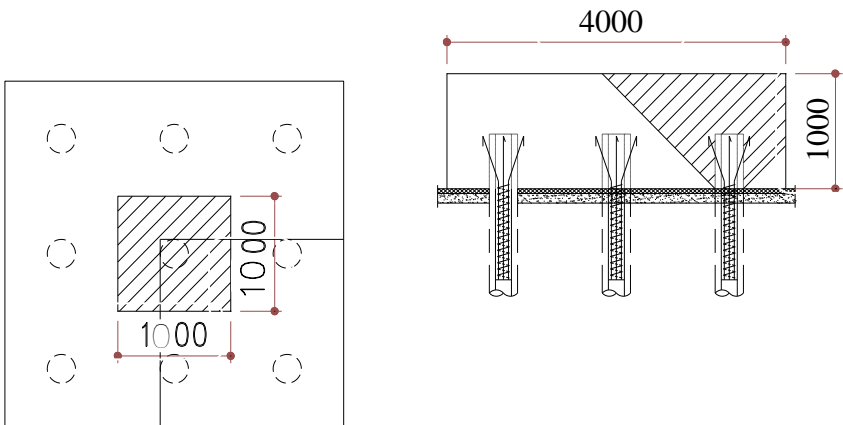
$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_o d$$

dimana :

β_c = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$(\text{daerah beban terpusat}) = \frac{500}{500} = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis poer
 $= 2 (500 + 94) + 2 (500 + 914)$
 $= 5656 \text{ mm}$



Gambar 7.25 Geser Pons Akibat Tiang Pancang

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1,00} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 5656 \times 914 \\ &= 14157488,85 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 5656 \times 914 \\ &= 9438325,90 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0.75 \times 9438325.90 \text{ N} = 7078744.42 \text{ N} \\ &= 707874.442 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya pada Pu tiang = 55620.39kg

$$\phi V_c = 707874.442 \text{ kg} > P_u = 55620.39 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

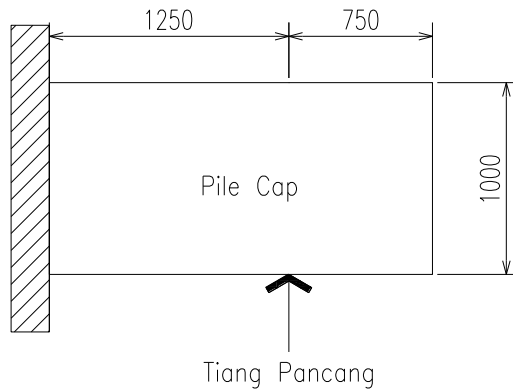
Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat tiang pancang.

Keterangan :

- ϕ (Geser) = 0.75 (Pasal 9.3.2.3 SNI 2847:2013)
- $\lambda = 1$ (untuk beton normal) (Pasal 8.6.1 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Kontrol Geser Pons (Pasal 11.11.2.1 SNI 2847:2013)

7.7.6 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok *kantilever* dengan perletakan jepit pada kolom pedestal. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri *poer*. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 7.26 Analisis Poer sebagai Balok Kantilever

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 30} = 15.69
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\
 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{30 - 28}{7} \right) = 0.836
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0.85 \times 0.836 \times 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.0320
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 0.75 \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0.75 \times 0.032 = 0.0240
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

- Penulangan lentur arah X

$$\begin{aligned}
 P_{\text{max}} &= 87536.71 \text{ kg} = 87.54 \text{ ton} \\
 q &= 2.4 \text{ t/m}^3 \times 4.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \\
 &= 9.60 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Momen momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 Mu &= 2P_{\text{max}} a - \frac{1}{2} q u x \cdot L^2 \\
 &= 2 (87.54 \times 1.25) - (\frac{1}{2} \times 9.6 \times (1.25 + 0.75)^2) \\
 &= 309.06 \text{ ton.m} = 309.05 \times 10^7 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$d_x = 1000 - 75 - \frac{1}{2} 22 = 914 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{309.06 \times 10^7}{0.9 \times 4000 \times 914^2} = 1.156 \\
 &= 1.43
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 1.156}{400}} \right) \\
 &= 0.0030
 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka $\rho_{\text{pakai}} = 0.0035$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0.0035 \times 4000 \times 914 = 12488 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 – 100

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = 0.50 \times A_s = 6244 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Lentur D16 – 100

- Penulangan lentur arah Y

$$P_{\text{max}} = 87536.71 \text{ kg} = 87.54 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 q &= 2.4 \text{ t/m}^3 \times 4.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \\
 &= 9.60 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Momen momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 M_u &= 2P_{\text{max}} a - \frac{1}{2} q u x. L^2 \\
 &= 2 (87.54 \times 1.25) - (\frac{1}{2} \times 9.6 \times (1.25+0.75)^2) \\
 &= 309.06 \text{ ton.m} = 309.05 \times 10^7 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$d_y = 1000 - 75 - 22 - \frac{1}{2}(22) = 892 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{309.06 \times 10^7}{0.9 \times 1000 \times 892^2} = 1.213 \\ &= 1.43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 1.213}{400}} \right) \\ &= 0.0031 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}, \text{ maka } \rho_{\text{pakai}} = 0.0035$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0.0035 \times 4000 \times 914 = 12488 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 – 100

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = 0.50 \times A_s = 6244 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Lentur D16 – 100

Keterangan :

- Harga β_1 (Pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013)
- ϕ (Lentur) = 0.9 (Pasal 9.3.2.1 SNI 2847:2013)
- Persyaratan Perhitungan Lentur (Pasal 21.5 SNI 2847:2013)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

PENUTUP

8.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Elemen-elemen struktur penampang ekonomis yang dipakai dalam struktur.

1.1. Dari hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :

a. Plat lantai 2 – Atap menggunakan bondek PT. Super Steel Indah $t = 0.75$ mm, dengan tebal plat beton :

- Lantai atap $t = 90$ mm
- Lantai 2 - 10 $t = 90$ mm

b. Plat lantai GF menggunakan plat lantai dari material beton dengan detail penulangan terlampir dalam gambar :

- Lantai GF $t = 120$ mm

c. Balok anak lantai 2 – lantai Atap

- Lantai atap WF $300 \times 200 \times 8 \times 12$
- Lantai 2 -10
- $L = 5.05$ m WF $400 \times 200 \times 8 \times 13$
- $L = 7.45$ m WF $400 \times 200 \times 8 \times 13$
- $L = 6.5$ m WF $400 \times 200 \times 8 \times 13$
- $L = 7.85$ m WF $450 \times 200 \times 9 \times 14$
- $L = 8.45$ m WF $450 \times 200 \times 9 \times 14$

d. Balok anak lantai GF menggunakan balok beton dengan detail penulangan terlampir dalam gambar :

- Balok Anak 350×500

e. Balok Lift

- Penumpu WF $300 \times 200 \times 8 \times 12$

f. Tangga lantai GF – Atap menggunakan material dari baja

- Pelat Anak Tangga $t = 4 \text{ mm}$
- Pengaku Anak Tangga $L 65 \times 65 \times 8$
- Pelat Bordes $t = 7 \text{ mm}$
- Balok Utama $WF 250 \times 125 \times 5 \times 8$
- Balok Penumpu $WF 250 \times 125 \times 5 \times 8$

g. Tangga lantai Basement - GF menggunakan pelat dan kolom konsol dari material beton dengan detail penulangan terlampir dalam gambar.

- Pelat Tangga $t = 120 \text{ mm}$
- Pelat Bordes $t = 120 \text{ mm}$
- Kolom Konsol 400×400

1.2. Dari hasil perhitungan struktur primer didapatkan :

a. Balok induk :

- Lantai 2 - 3 $WF 700 \times 300 \times 13 \times 24$
- Lantai 4 - 7 $WF 600 \times 200 \times 11 \times 17$
- Lantai 8 - Atap $WF 500 \times 200 \times 10 \times 16$

b. Kolom utama :

- Lantai GF - 5 $CFT \text{ HSS } 600 \times 600 \times 16$
- Lantai 2 – 3 $CFT \text{ HSS } 500 \times 500 \times 16$
- Lantai 6 - Atap $CFT \text{ HSS } 500 \times 500 \times 16$

c. Bracing :

- Memanjang $HSS 250 \times 250 \times 16$
 $STEEL \text{ CORE } 150.15$
- Melintang $HSS 250 \times 250 \times 16$
 $STEEL \text{ CORE } 150.15$

1.3. Dari hasil perhitungan struktur bawah didapatkan :

a. Balok induk lantai GF menggunakan balok beton dengan detail penulangan terlampir dalam gambar :

- Balok Induk Interior 450×650
- Balok Induk Exterior 450×650

- b. Kolom utama Lantai *Basement* - GF menggunakan material dari beton dengan detail penulangan terlampir dalam gambar :

- KC-1	1000×1000
- KC-2	800×800
 - c. Balok sloof lantai *Basement* menggunakan balok beton dengan detail penulangan terlampir dalam gambar :

- Balok Sloof	400×600
---------------	------------------
 - d. Dinding *Basement* atau *Retaining Wall* dengan tinggi 3 m menggunakan material beton dengan detail penulangan terlampir dalam gambar :

- Dinding <i>Basement</i>	$t = 250 \text{ mm}$
---------------------------	----------------------
 - e. Plat lantai *Basement* menggunakan plat lantai dari material beton dengan detail penulangan terlampir dalam gambar :

- Lantai <i>Basement</i>	$t = 250 \text{ mm}$
--------------------------	----------------------
 2. Dengan didapatkan penampang ekonomis yang sudah dipaparkan diatas dapat disimpulkan bahwa kapasitas penampang mampu menahan beban-beban yang direncanakan.
 3. Bangunan gedung tinggi yang direncanakan sebagai bangunan tahan gempa harus dikontrol terhadap :
 - Kontrol berat bangunan hasil manual dengan SAP2000
 - Kontrol partisipasi massa.
 - Kontrol periode getar struktur.
 - Kontrol nilai akhir respon spektrum.
 - Kontrol batas simpangan (*drift*)
 - Kontrol pengaruh P-delta
 - Kontrol tipe ketidakberaturan torsi

Dari hasil pembahasan disimpulkan bahwa kontrol diatas memenuhi.

4. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang prestress (*Prestressed Concrete Pile*) berjenis *Spun Piles* PT. Jaya Beton Indonesia dengan dimensi D500 mm dan panjang tiang yang terbenam 30 m. Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT).
5. Detail struktur terlampir dalam gambar

8.2. Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur dengan sistem *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) karena sistem struktur ini terbilang masih sangat asing di Indonesia, sehingga kedepanya dapat dimanfaatkan sebagai pilihan sistem struktur yang digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi dan gempa kuat.

DAFTAR PUSTAKA

AISC. 2005. *Seismic Provisions for Structural Steel Building*. Chicago : American Institute of Steel Construction.

Andrianie, N. 2003. *Perencanaan dan Evaluasi Daktilitas Gedung Baja Dual System Antara Special Moment Resisiting Frame Dengan Sistem Rangka Pengaku Konsentris Tipe Two-Story X-Braced Frame*. Laporan Penelitian. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Apriani, W. 2012. *Analisis Buckling Restrained Braced System Sebagai Retrofitting Pada Bangunan beton Bertulang Akibat Gempa Kuat*. Laporan Penelitian. Depok : Universitas Indonesia.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)*. Bandung : BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2012)*. Bandung : BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)*. Bandung : BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*. Bandung : BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Tata Cara Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (SNI 03-1727-1989)*. Bandung : BSN.

Badrauddin, I.S, B.Suswanto, dan H.Soegiharjo. 2013. “Studi Perbandingan Beberapa Bentuk Penampang Bresing Anti Tekuk Pada Struktur Bangunan Baja Akibat Beban Gempa Dengan Menggunakan Software MIDAS FEA”. *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 1. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Bertero, Vitelmo. and Bozorgnia, Yousef. 2004. *Earthquake Engineering from Engineering Seismology to Performance-Based Engineering*. California : CRC press.

Bowles, Joseph E. 1988. *Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.

Bruneau, M., et all. 1998. *Ductile Design Of Steel Structures*. New York : Mc-Graw Hill.

Lopez, Walterio A, Fahnestock, Larry A, and Kersting, Ryan A. 2015. *Seismic Design of Steel Buckling-Restrained Braced Frames, A Guide for Practicing Engineers*. National Institute of Standards and Technology.

Moestopo, Muslinang, dan Andarini, R.Dea. 2013. “Kajian Eksperimental Bresing Tahan Tekuk pada Bangunan Tahan Gempa di Indonesia”. Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil Vol. 20..

Paulino, M.R. 2010. *Preliminary Design Of Tall Buildings*. Thesis of Worchester Polythnic Institute.

Sosrodarsono, Suryono., dan Kazuto Nakazawa.1980. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.

Standar Nasional Indonesia. 2002 . *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum.

Suari, I.H, 2012. *Studi Perbandingan Perilaku Kinerja Chevron Knee Braced Frame dan Ordinary Knee Braced Frame Pada Bangunan Gedung Menggunakan RSNI 03-1726-201X*. Laporan Penelitian. Depok : Universitas Indonesia..

Xie, Qiang. 2005. “State of the art of buckling – restrained braces in Asia”. Journal of Constructional Steel Research Vol 61, 727-748.



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: BUDI SUSWANTO, ST.MT. PhD
NAMA MAHASISWA	: RACHEL ANGELINE RAHAYU
NRP	: 3115105002
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR BUCKLING RESTRAINED BRACE FRAMES
TANGGAL PROPOSAL	:
NO.SP-MMTA	: 012634 / IT 2.VI.4. / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	09-03-2017	<ul style="list-style-type: none"> Jarak antar balok anak (lebar pelat lantai) dijadikan eksen. 2.4m baru 2.3m. Potongan pelat melintang diperjelas. tebal decking. Membulatkan U-48 → wiroresh. (Perhitungan Struktur Sekunder - Pelat) 	<ul style="list-style-type: none"> Perhitungan Struktur Sekunder Balok Anak Brgs lantai 2 - lantai Atap 	JKR
2	23-03-2017	<ul style="list-style-type: none"> Me review perhitungan, jarak antar balok anak, tebal decking di gambar. Pelat Lantai. Perhitungan Balok Anak Brgs Lt. 2 sampai Lantai Atap 	<ul style="list-style-type: none"> Perhitungan Balok Anak Beton Lt. GF Perhitungan Balok Lift 	JKR
3.	07-04-2017	<ul style="list-style-type: none"> Perhitungan Balok Anak Beton Lantai GF Perhitungan Balok Lift 	<ul style="list-style-type: none"> Perhitungan Tangga Brgs Lt. GF & Lt. 10 	JKR
4.	25-04-2017	<ul style="list-style-type: none"> Perhitungan Tangga Brgs Lt. GF & Lt. 10 Gambar, hitung -putih Gambar, hitung -putih Gambar, hitung -putih Gambar, hitung -putih 	<ul style="list-style-type: none"> Permodelan SAP 	JKR
5.	28-04-2017	<ul style="list-style-type: none"> Permodelan SAP → membuat BRB di SAP (agar tidak beruk) 	<ul style="list-style-type: none"> Permodelan SAP Kontrol Permodelan 	JKR
6.	10-05-2017	<ul style="list-style-type: none"> Permodelan SAP Kontrol Permodelan di SAP (Kontrol Berat Bangunan, hasil manual dgn SAP 200, kontrol partisipasi massas, Periode getas, struktur, nilai akhir respon spektrum, batas simpangan, parameter T-delta, dan tipe reduksi beban gempa) 	<ul style="list-style-type: none"> Perhitungan Struktur Primer Balok Induk Brgs. 	JKR



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: BUDI SUKAWANTO, ST, MT. PhD
NAMA MAHASISWA	: RACHEL ANGELINE RAHAJU
NRP	: 3115105002
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 012634 / IT 2 .VI. 4. 1 / PP. 05-02-00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
7	12-05-2017	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk balok induk memanjang → pakai jarak antar balok anak • Untuk balok induk melintang • pakai jarak shear connector menggunakan mms. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perhitungan Kolom CFT Profil HRS • Perhitungan Bracing BRB 	JKR
8	19-05-2017	<ul style="list-style-type: none"> • Perhitungan Kolom CFT • Perhitungan Bracing BRB 	<ul style="list-style-type: none"> • Perhitungan Sambungan 	JKR
9	26-05-2017	<ul style="list-style-type: none"> • Gambar pada perhitungan Bracing BRB diperbaiki • Perbaiki hitungan sambungan pada BRB dan periksa dengan galibor. • Sambungan B1 ke B4 ⇒ dibuat 4 M 16 • Perbaikan siku di Balok Utama Tangga. ↳ 70.70.3 Diameter baut tipe D12 • Gambar pada Sambungan diperbaiki, notasi, ukuran font diperjelas agar jelas 	<ul style="list-style-type: none"> • Perbaiki Perhitungan dan Gambar • Sambungan pada Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga • Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom • Sambungan Bracing • Sambungan Balok Utama dengan Kolom 	JKR



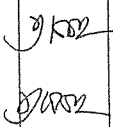
Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: BUDI SUSWANTO, ST, MT, PhD
NAMA MAHASISWA	: RACHEL ANGELINE RAHA'YU
NRP	: 3115105002
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR <i>BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES</i>
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 012634 / IT2. VI. 4. 1 / PP. 05.02.00 /2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
10	07-05-2017	Perbaiki hitungan Sambungan.	Perbaiki perhitungan Sambungan	
11	15-05-2017	Perbaiki perhitungan Dinding Basement. Perbaiki gambar perhitungan. Perhitungan Pondasi, cek data tanah. (Perhitungan Balok Induk Beton, Kolom Beton, dan Balok Sloof -> OK)	Perhitungan Dinding dan Pelat lantai Basement, dan Struktur Basemen	



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. ISOARMANU, MSc
NAMA MAHASISWA	: RACHEL ANGELINE RAHAYU
NRP	: 3115105002
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR BUCKLING RESTRAINED BRACE FRAMES
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 012634 /IT2.VI.4.1 /PP.05.02.06 /2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	15-03-2017	<ul style="list-style-type: none"> • Senius pelat pakai pelat bandex dengan • Bentang menerus dengan tulangan negatif. Lt.GF - Lt. Atap. • Tulangan negatifnya seakan wreneng yg dipasang dengan kebutuhan yang diperlukan. 	• Perhitungan Balok Anak	
2.	07-04-2017	<ul style="list-style-type: none"> • Merevisi perhitungan pelat • Perhitungan Balok Anak Baji Lantai Atap • Perhitungan Balok Anak Baji Lantai 2 - Lt.10 • Perhitungan Balok Anak Baji Lantai GF • Perhitungan Balok Lift 	• Perhitungan Tangga Baji Lantai GF & lantai 10	
3.	18-04-2017	<ul style="list-style-type: none"> • Perhitungan Tangga Baji Lantai GF & lantai 10 • Perhitungan Plat Anak Tangga • Perhitungan Pengaku Anak Tangga • Perhitungan Balok Border • Perhitungan Plat Border • Perhitungan Balok Utama Tangga 1/ Perhitungan Pengaku Anak Tangga → Periksa Kontrol Teknis Lateral dgn $L_b = 0 \rightarrow$ Bentang Bredex $M_n = M_p$ → Tampilkan Reaksi Pembentangan Balok Anak Tangga serinci mungkin 	• Perbaikan Perhitungan Tangga Baji Lantai GF & lantai 10	
4	26-04-2017	<ul style="list-style-type: none"> • Perbaikan Perhitungan Pelat Tangga Baji Profil Pemung Tangga Balok Pemung Anak Tangga diganti profilnya I \rightarrow I $L_b = 0 \rightarrow$ karena ada pelat baja. • Mu pelat = ... kg.m/m • Perhitungan Tangga Beton. 	Perbaikan Perhitungan Anak Tangga.	



PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

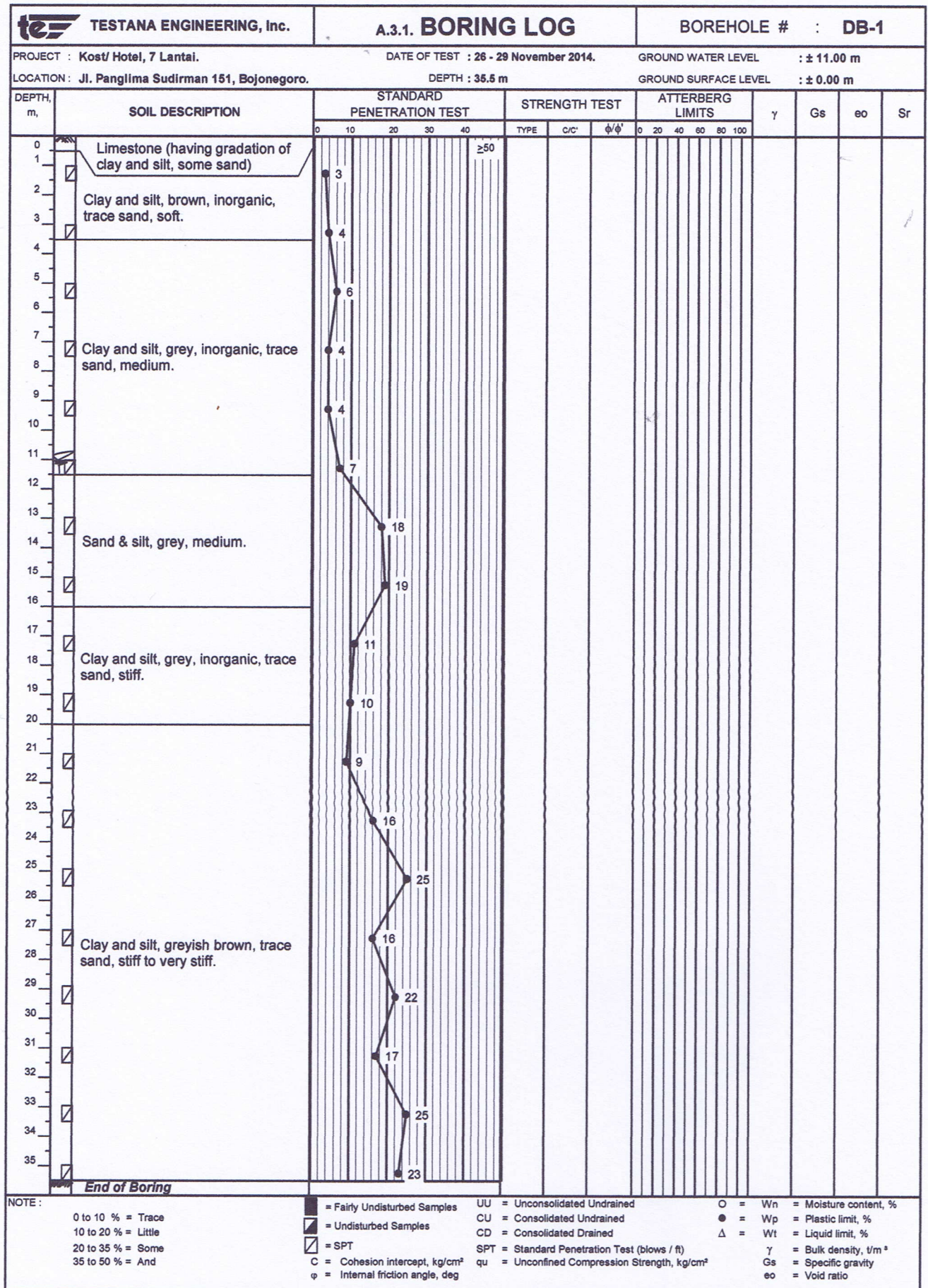
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

Form AK/TA-04

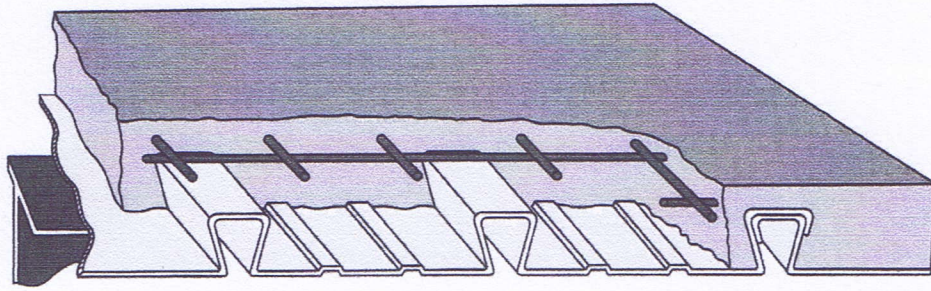
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. ISOARMANU, MSc
NAMA MAHASISWA	: RACHEL ANGELINE RAHAYU
NRP	: 311510500 2
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEgara DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 012634 / IT2. V1.4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF DOSEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
5.	3-04-2017	Perbaikan perhitungan Tangga Baja Tebal Pelat \rightarrow dikursh	Perbaikan Tangga.	Jr
6.	10-04-2017	Perhitungan Tangga Baja sudah terpenuhi (Memenuhi)	Per modelan di SAP	
7	17-04-2017	Permodelan di SAP zero Kontrol Permodelan (kontrol Berat Bangunan hasil	Perhitungan Struktur Primer Perhitungan Sambungan	
8	02-05-2017	Perhitungan Struktur Primer sudah Benar Perhitungan Sambungan Bracing dan Balok Induk ke Kolom perbaikan top diperbaiki	Perbaiki Perhitungan Sambungan	Jr
9	07-05-2017	Perbaiki hitungan Sambungan Bracing Samb. Balok Rengkuh Tangga dgn Kolom	Perbaiki Sambungan Perhitungan Struktur Bawah.	Jr
10	15-05-2017	Perbaiki Gambar Sambungan Tangga dan Lt. Basement, dan Perhitungan Pondasi. Perbaiki Gambar Pondasi.		Jr

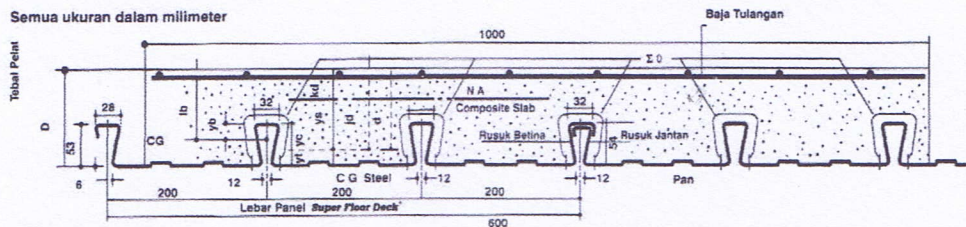


Super Floor Deck®



PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit

Semua ukuran dalam milimeter



Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG **Super Floor Deck®** PERLEBAR 1000 MM

Tebal Pelat	Berat per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Ye	Yt	Ip	Zpc	Zpt	In	Znc	Znt		10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	max	10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm	Max
mm	kg / m ²	mm ²	mm	mm	10 ⁸ x mm ⁴	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁸ x mm ⁴	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁸ x mm ⁴	10 mm Of Bearing KN	Increment, Per 10 mm KN	KN	10 mm Of Bearing KN	Increment, Per 10 mm KN	KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	6.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : Ip = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Znc = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

In = idem untuk daerah momen negatif

Zpc = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

Ip = (1.25 - 0.25 (p/in))

Znt = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Zpt = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

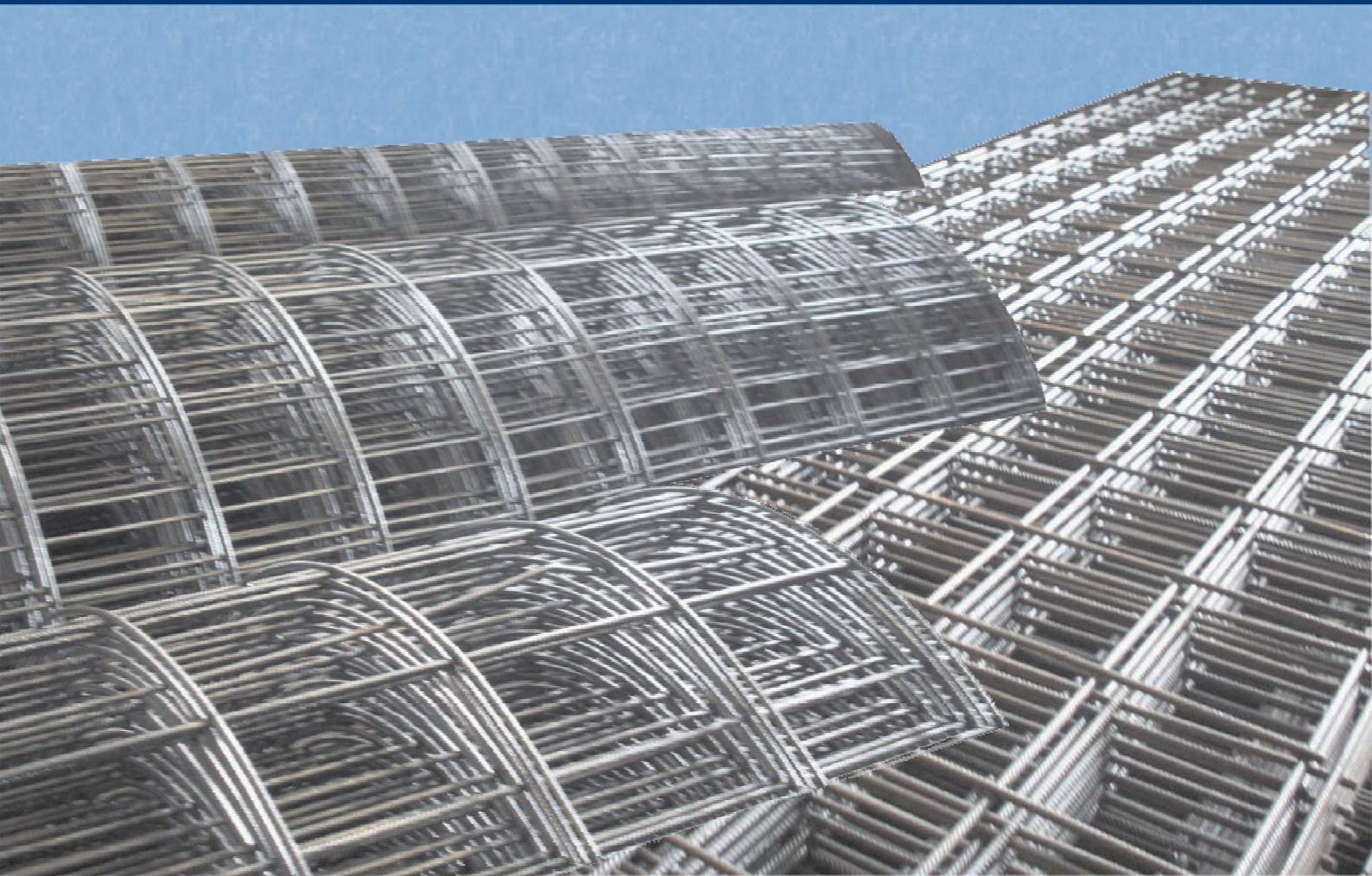
Super Floor Deck® 0.75 MM		BENTANG TUNJANG TANPA TULANGAN NEGATIF SAMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG MEWERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT														
DEKAT BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M ²		200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000							
TUNJANG PERTANGGAH PROPPING	SPAN M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN DEPTH CM				
TANPA PERTANGGAH NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65	
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00	
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65	
	2.25	9	9	9	9	9	10	11	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.69	11	3.85	9	1.37	9	1.66	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04	
	2.50	9	9	9	9	9	10	14	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92	
SATU BARIS PERTANGGAH ONE ROW PROPS	2.75	10	10	10	10	11	12	15	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33	
	3.00	10	10	10	11	12	13		3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75			
	3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12		
	3.50	12	12	12	12	13	15		11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71			11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51		
	3.75	13	13	13	13	14			11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09					11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81				
DUA BARIS PERTANGGAH TWO ROW PROPS	4.00	14	14	14	14	15			12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55					12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17				
	4.50								13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53							13	4.34	13	5.14	14	5.68	15	5.95						
	5.00								15	6.20	15	7.27	15	8.90									15	4.90	15	5.73	15	6.58								

Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN

- BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA

- MUTU BAJA TULANGAN U - 48

UNION WIRE MESH[®]



1972

PT. UNION METAL

A UNION SAMPOERNA CO.

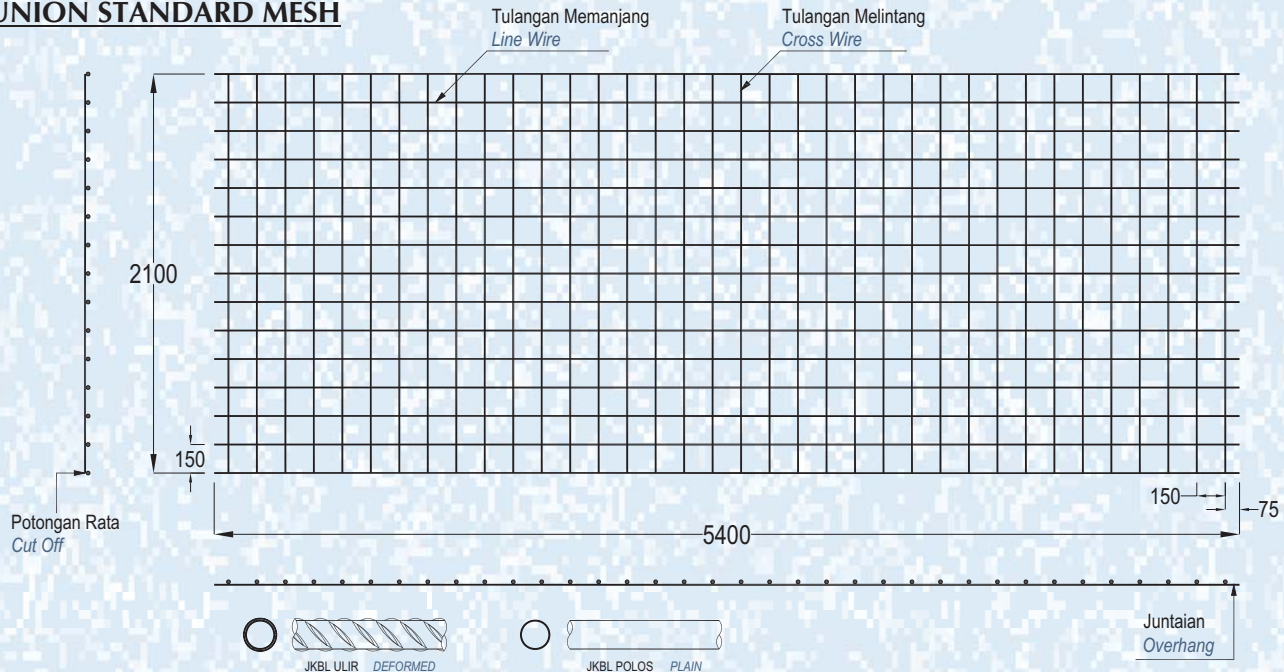
INFORMASI PRODUK

PRODUCT INFORMATION

Union Wire Mesh adalah jaring baja tulangan bermutu tinggi yang mempunyai tegangan leleh karakteristik 5.000 kg/cm² yang dirangkai sedemikian rupa menggunakan las listrik untuk mendapatkan tegangan geser berkualitas tinggi sebesar 2.500 kg/cm² di setiap titik pertemuan kawatnya.

Union Wire Mesh is made from high tensile reinforcing wire rod having characteristic yield strength of 5,000 kg/cm² and it is electrically welded to obtain high quality shearing strength of 2,500 kg/cm² in each welded point.

UNION STANDARD MESH



BERAT PER LEMBAR

TYPE	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M12	M16
DIAMETER (mm)	4	5	6	7	8	9	10	12	16
BERAT PER LEMBAR (kg)	15,45	24,14	34,76	47,31	61,79	78,21	96,55	139,03	247,17

MASS PER SHEET

Spesifikasi

Diameter JKBL Union : 4 mm sampai 16 mm
Standar Bahan : SNI 07-0663-1995
Tegangan Leleh Karakteristik : 5.000 kg/cm², mutu U-50
Tegangan Geser Kampuh Las : 2.500 kg/cm²
Bentuk Permukaan Kawat : Polos dan Ulir
Spasi Standard : 150 mm x 150 mm (Type M)
100 mm x 200 mm (Type B)
Ukuran Standard : Lembar : 5,4 m x 2,1 m (M4 - M16)
Roll : 54 m x 2,1 m (M4 - M6)

Specification

Diameter of Union Mesh : 4 mm up to 16 mm
Material Standard : SNI 07-0663-1995
Characteristic Yield Strength : 5,000 kg/cm², grade U-50
Welding Shear Strength : 2,500 kg/cm²
Types of Bar Surfaces : Plain and Deformed
Standard Spacings : 150 mm x 150 mm (M Type)
100 mm x 200 mm (B Type)
Standard Sizes : Sheet : 5.4 m x 2.1 m (M4 - M16)
Roll : 54 m x 2.1 m (M4 - M6)

Produksi Union Wire Mesh

Dengan dukungan dari mesin pembentuk JKBL kami yang modern dan menggunakan teknologi komputer, kami terbukti berkemampuan untuk memproduksi ukuran JKBL yang bervariasi dengan hasil pengelasan sempurna sampai dengan diameter 16 mm.

- Jarak spasi : 50 mm; 100 mm; 150 mm; 200 mm; 250 mm; dan 300 mm
- Juntaian kawat memanjang maksimum 1.200 mm kedua sisi nya
- Jarak spasi kawat melintang minimum 50 mm sesuai dengan diameter
- Jika tulangan ukuran spesial diperlukan, staff berpengalaman kami siap untuk membantu mendesain yang terbaik dan paling efisien
- Untuk M12 sampai dengan M16, harap konsultasi dengan kami

Union Wire Mesh Production

By means of our modern and computerized wire mesh welding machines, we have proven capability to produce various sizes of mesh with perfect welding result up to diameter 16 mm.

- Spacings : 50 mm; 100 mm; 150 mm; 200 mm; 250 mm and 300 mm
- Line wire over hang maximum 1,200 mm both sides
- Cross wire spacing minimum 50 mm subject to diameters
- If special sizes of reinforcement are required, our experienced technical staffs are ready to assist for designing the best and most efficient ones
- For M12 to M16, please consult with us

Penggunaan

- 1. Lantai beton : pabrik, gudang, gedung bertingkat, parkir, dll
- 2. Dinding beton : gedung bertingkat, perumahan, penyekat ruangan, dll
- 3. Jalan beton, konstruksi cakar ayam, landasan pesawat terbang
- 4. Saluran irigasi, saluran drainase, bronjong
- 5. Kerangka kolom dan balok praktis untuk perumahan
- 6. Dinding penahan, dinding pemikul beban di dalam gedung
- 7. Pagar, teralis, kandang hewan

Applications

- 1. Concrete floor : factory, warehouse, high rise building, car park, etc
- 2. Concrete wall : high rise building, houses, room divider, etc
- 3. Rigid pavement, strip footing construction, landing strip
- 4. Irrigation and drainage open channels, gabion basket
- 5. Non structural column and beam reinforcement for houses
- 6. Retaining wall, structural wall inside the building
- 7. Fence, railings, cages

PERENCANAAN & DESAIN

PLANNING & DESIGN

Perhitungan Konversi

Mengganti tulangan biasa (U-24)
dengan JKBL Union (U-50)

Rumus :

Luas JKBL union
(U-50)

=

Luas tulangan biasa
(U-24)

×

Tegangan leleh U-24
Tegangan leleh U-50

Contoh :

Diketahui : Tulangan U-24
Diameter = 10 mm
Jarak spasi = 150 mm
Luas tulangan = 5,24 cm²/m'

Luas JKBL union = 5,24 cm²/m' × $\frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2}$

= 2,515 cm²/m'

Dari Tabel diperoleh : JKBL Union
Diameter 7 mm dengan spasi 150 mm
Luas 2,57 cm²/m'

Conversion Calculation

Substituting union wire mesh (U-50)
for ordinary reinforcement (U-24)

Formula :

Union Wire Mesh area
(U-50)

=

Mild Steel bar area
(U-24)

×

$\frac{\text{Yield stress U-24}}{\text{Yield stress U-50}}$

Example :

Given : Mild Steel bar U-24
Diameter = 10 mm
Spacing = 150 mm
Cross sectional area = 5.24 cm²/m'

Union Wire Mesh area = 5.24 cm²/m' × $\frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2}$

= 2.515 cm²/m'

From the Table is obtained : Union Wire Mesh
Diameter 7 mm with 150 mm spacing
Area 2.57 cm²/m'

TABEL LUAS PENAMPANG KAWAT

WIRE AREA TABLE

Diameter Kawat Ø Wire Diameter (mm)	Luas Kawat Ø Wire Area (cm²)	Jumlah Luas Penampang Kawat (cm²/m') Menurut Spasinya Setiap Arah Total Wire Area (cm²/m') According to Spacing Each Direction											
		Spasi / Spacing (mm)											
		50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325
4.0	0.126	2.51	1.68	1.26	1.01	0.84	0.72	0.63	0.56	0.50	0.46	0.42	0.39
4.5	0.159	3.18	2.12	1.59	1.27	1.06	0.91	0.80	0.71	0.64	0.58	0.53	0.49
5.0	0.196	3.93	2.62	1.96	1.57	1.31	1.12	0.98	0.87	0.79	0.71	0.65	0.60
5.5	0.238	4.75	3.17	2.38	1.90	1.58	1.36	1.19	1.06	0.95	0.86	0.79	0.73
6.0	0.283	5.65	3.77	2.83	2.26	1.88	1.62	1.41	1.26	1.13	1.03	0.94	0.87
6.5	0.332	6.64	4.42	3.32	2.65	2.21	1.90	1.66	1.47	1.33	1.21	1.11	1.02
7.0	0.385	7.70	5.13	3.85	3.08	2.57	2.20	1.92	1.71	1.54	1.40	1.28	1.18
7.5	0.442	8.84	5.89	4.42	3.53	2.95	2.52	2.21	1.96	1.77	1.61	1.47	1.36
8.0	0.503	10.05	6.70	5.03	4.02	3.35	2.87	2.51	2.23	2.01	1.83	1.68	1.55
8.5	0.567	11.35	7.57	5.67	4.54	3.78	3.24	2.84	2.52	2.27	2.06	1.89	1.75
9.0	0.636	12.72	8.48	6.36	5.09	4.24	3.64	3.18	2.83	2.54	2.31	2.12	1.96
9.5	0.709	14.18	9.45	7.09	5.67	4.73	4.05	3.54	3.15	2.84	2.58	2.36	2.18
10.0	0.785	15.71	10.47	7.85	6.28	5.24	4.49	3.93	3.49	3.14	2.86	2.62	2.42
12.0	1.131	22.62	15.08	11.31	9.05	7.54	6.46	5.65	5.03	4.52	4.11	3.77	3.48
16.0	2.011	40.21	26.81	20.11	16.08	13.40	11.49	10.05	8.94	8.04	7.31	6.70	6.19

PEMASANGAN & KONSTRUKSI

INSTALLATION & CONSTRUCTION

Pemasangan dan penyambungan JKBL Union tidaklah susah, tetapi perlu diperhatikan beberapa hal, sehingga didapat hasil yang optimal dan benar.

Installation and joint of Union Wire Mesh is easy, just need to pay attention to the following matters in order to get an optimum and good result.

A. Sambungan JKBL Union

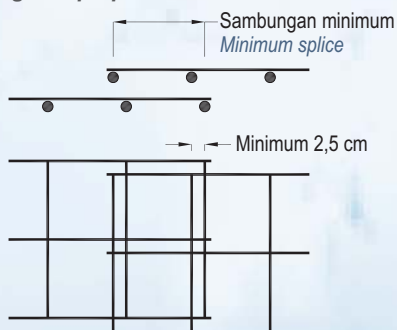
1. Sambungan Sekuat Tegangan Leleh

Suatu sambungan akan setara dengan tegangan leleh penuh kalau lembaran itu berhimpitan sejauh satu kotak spasi (dua kampuh las), ditambah minimal 2,5 cm.

2. Sambungan Separuh Tegangan Leleh

Suatu sambungan akan setara dengan separuh tegangan leleh, kalau lembaran itu berhimpitan sejauh satu kampuh las ditambah minimal 2,5 cm.

* Sambungan dengan Tegangan Leleh Penuh Full Yield Strength Lap Splice



Catatan :

Tambahan sebesar 2,5 cm adalah jarak minimal agregat beton yang diijinkan oleh Peraturan Beton Indonesia (PBI 8.16.1), membantu agar beton tersebut dapat padat di sekitar kawat tersebut. Persyaratan sambungan separuh tegangan leleh kadang-kadang diijinkan untuk sambungan di tepi plat satu arah (one way slab), tetapi sebaiknya sambungan tersebut ditentukan oleh insinyur bangunan. Sebaiknya sambungan digunakan sekuat tegangan leleh dan ditempatkan di titik-titik yang bertegangan tarik tidak maksimum.

A. Union Wire Mesh Overlap

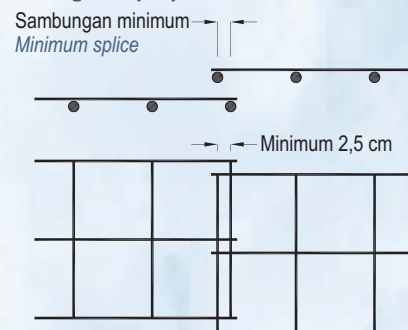
1. Full Yield Strength Lap Splice

A lap will have a full strength of yield stress when the mesh is placed overlap by one spacing (two welds) plus a minimum of 2.5 cm.

2. Half Yield Strength Lap Splice

A lap will be equal to a half strength of yield stress when the mesh is placed overlap by one weld plus a minimum of 2.5 cm.

* Sambungan dengan Setengah Tegangan Leleh Half Yield Strength Lap Splice



Note :

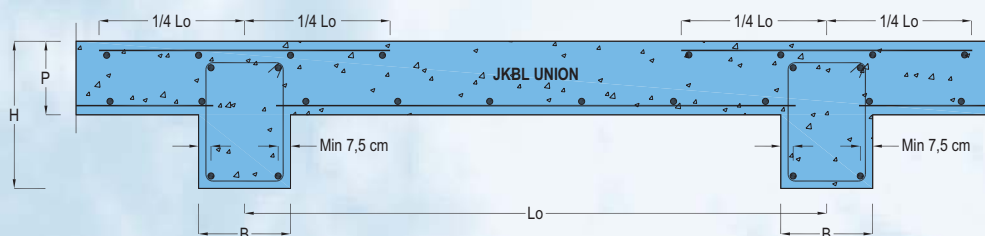
The addition of 2.5 cm referred to above is the minimum allowable spacing for concrete aggregate, which is required by the Indonesian Concrete Regulation (PBI 8.16.1), so as to make the concrete becomes dense around the bar.

In some cases, one weld overlap be allowed for the side laps of one way slab, the decision on this practice should be made by the structural engineer.

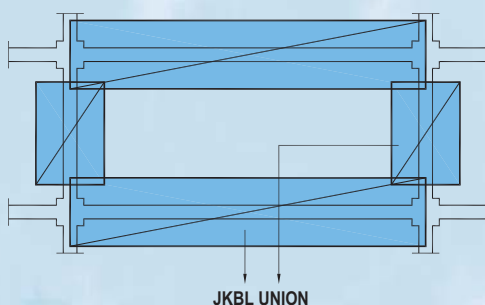
It is strongly recommended to apply the full yield strength lap splice and the laps should be in such places where the tension stress is not maximum.

B. Perletakan JKBL Union Union Wire Mesh Position

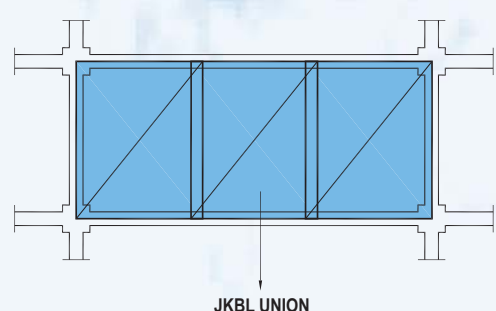
Plat Lantai Bangunan Bertingkat Suspended Slab



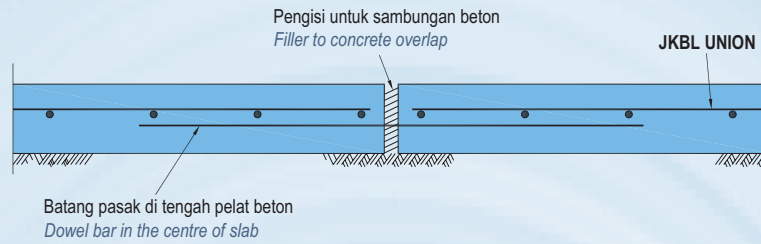
Lapis Atas Top Layer



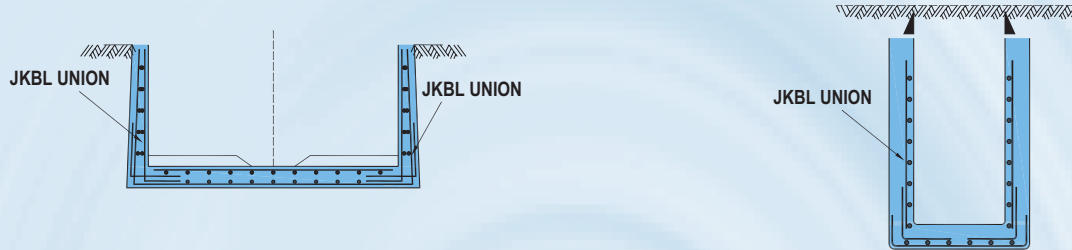
Lapis Bawah Bottom Layer



Lantai Beton di Atas Tanah *Concrete Floor on Top Soil*



Saluran Drainase *Drainage Open Channels*



Dinding Penahan & Pondasi *Retaining Wall & Foundation*



KEUNTUNGAN MENGGUNAKAN UNION WIRE MESH

THE ADVANTAGES OF USING UNION WIRE MESH

1. Menghemat waktu konstruksi bangunan
2. Dapat diproduksi atas dasar desain konsultan (Engineering Mesh)
3. Mereduksi berat besi tulangan dalam beton

1. Save time for building constructions
2. Can be produced based on consultant's designs (Engineering Mesh)
3. Reducing weight of steel wire in concrete



CAPITAL RESIDENCE, Jakarta



GRAND INDONESIA, Jakarta



CITY TOWER, Jakarta



PT. UNION METAL

Quality Steel Building Material

Head Office

: Menara Karya Building 6th Floor
Jl. H.R. Rasuna Said Blok X-5 Kav. 1-2
Jakarta 12950 Indonesia
Phone # (62-21) 579.44409 (hunting)
Fax # (62-21) 579.44410
Email : marketing@unionmetal.co.id
Website : www.unionmetal.co.id

Factory

Factory I :
Jl. Jababeka V Blok U No. 1
Kawasan Industri Jababeka I
Cikarang - Bekasi 17530 Indonesia

Factory II :
Ngoro Industrial Park
Mojokerto - Jawa Timur

Branch Office

: BANDUNG
Jalan Kejaksaan No. 28, Bandung 40111
Phone # (62-22) 423.1849, (62-22) 423.6489
Fax # (62-22) 420.8314
E-mail : unionbdg@unionmetal.co.id

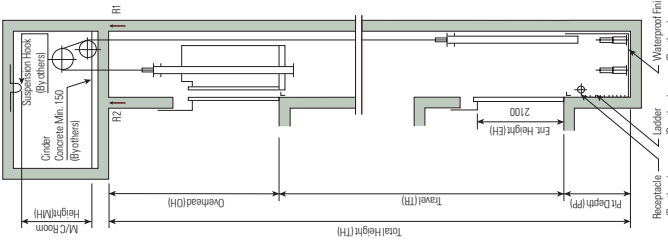
SURABAYA
Ruko Panji Makmur Blok A-33
Jalan Panjang Jiwo No. 46 - 48, Surabaya 60271



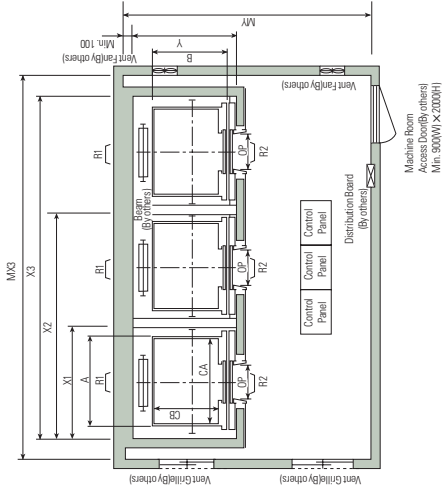
A UNION SAMPOERNA CO.

Layout Plan – Geared Elevators 1 ~ 1.75m/sec

Section of Hoistway



Notes: 1. Above hoistway dimensions are based on 15-stored dimensions. For application to over 15-stored buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81-753-g person)



Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1.0	4200	1400	2200
1.5	4400	1600	2400
1.75	4600	1800	2400

Notes:

1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
3. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway			M/C Room			M/C Room Reaction (kg)			Pit Reaction (kg)			Unit				
	Persons	kg		Internal	External	1Car	2Cars	X1	X2	X3	Depth	1Car	2Cars	MX1	MX2	MX3	MY		R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	CA × CB	A × B	1800	3700	5600	14.30	20.00	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300					
	8	550	800	1400×1030	1440×1185	1800	3700	5600	16.10	20.00	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700					
	9	600	800	1400×1100	1440×1285	1800	3700	5600	17.10	20.00	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900					
	10	700	800	1400×1250	1440×1405	1800	3700	5600	18.30	20.00	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200					
	11	750	800	1400×1350	1440×1505	1800	3700	5600	19.30	20.00	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400					
1.5	13	900	900	1600×1350	1640×1505	2050	4200	6350	19.80	23.00	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100					
	15	1000	900	1600×1500	1640×1655	2050	4200	6350	21.30	23.00	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400					
	17	1150	1000	1800×1500	1900×1670	2350	4800	7250	21.80	26.00	4900	7500	3900	6600	5100	10800	8500					
1.75			1100	2000×1350	2100×1520	2550	5200	7850	20.30	28.00	5250	8300	3800									
			1000	1800×1700	1900×1870	2350	4800	7250	23.80	26.00	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100					
	20	1350	1100	2000×1500	2100×1670	2550	5200	7850	21.80	28.00	5250	8300	4000									
			1100	2000×1750	2100×1920	2550	5200	7850	24.30	29.00	5400	8300	4300	8500	6800	13100	9900					
	24	1600		2150×1600	2250×1770	2700	5500	8300	22.80	30.00	5650	8700	4200									

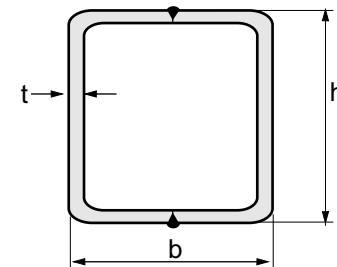
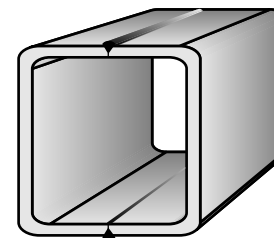
Notes:

1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)



METRIC SIZE

DIMENSION	H	B	t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION
							$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$
	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03	
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,545.86	282.87	6.94	
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	6.84	
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66	
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58	
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47	
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76	
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73	
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65	
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59	
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80	
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78	
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70	
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63	
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	964.00	9.32	
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30	
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21	
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11	
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06	
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84	
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80	
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74	
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70	
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40	
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90	
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70	
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40	
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20	
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70	
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50	
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20	
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80	
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90	
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70	
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50	
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30	
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90	
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90	
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80	
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60	
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30	
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,590.00	19.00	
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00	
550	550	12.00	18	199.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80	
550	550	16.00	45	263.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60	
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40	
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30	
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00	
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80	
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70	
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50	
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30	
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10	
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90	
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70	
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50	
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40	
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10	
700	700	12.00	18	256.32	324.10	253,300.00	7,240.00	28.00	
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70	
700	700	19.00	45	399.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60	
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40	
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,650.00	27.20	



CHEMICAL COMPOSITION

GRADE	C (%) Max	Mn (%)	Si (%)	P (%) Max	S (%) Max
SS 400	-	-	-	0.040	0.040
A 36	0.25	1.40	1.40	0.040	0.040
SM 490 A & B	0.20	1.60 Max	0.55Max	0.035	0.035
GR 50 A	0.23	1.60 Max	0.55Max	0.050	0.050

MECHANICAL PROPERTIES

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	t ≤ 16 mm	16 mm ≤ t ≤ 40 mm	t ≤ 40 mm		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

NOTE :

- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 S/d 1000 x 1000 mm

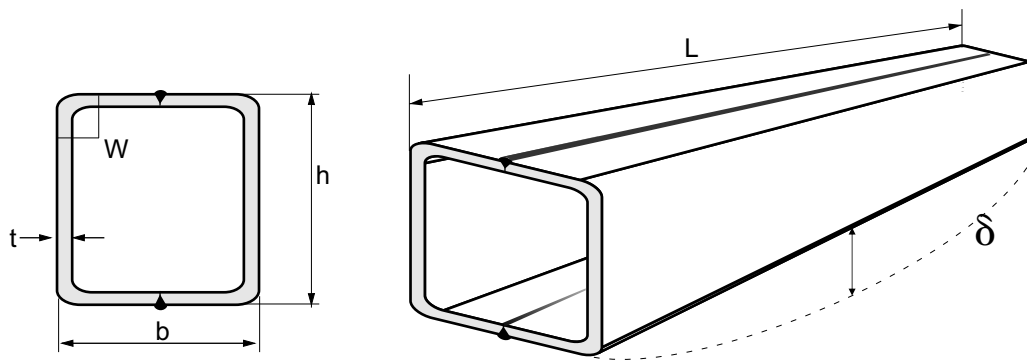
continue.....>>

HEAD OFFICE & FACTORY

Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,
Sukadana, Cikarang Barat,
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA
Forming Department
Phone DID : (62-21) 898 38 291 - 296
Phone Flexy : (021) 7085 3154 - 158
Fax : (62-21) 898 38 298
e-mail : pji01@grdsteel.com
pji02@grdsteel.com



SHAPED AND TOLERANCE

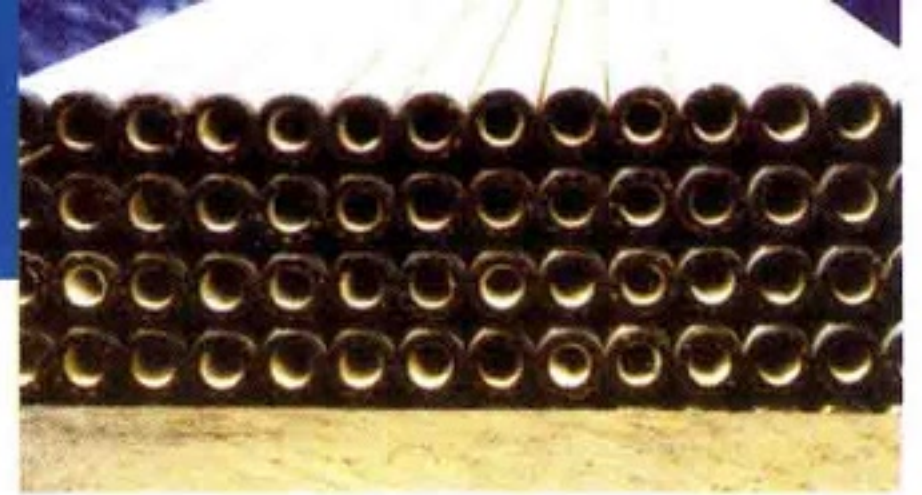


DESCRIPTION	TOLERANCE
Length (L)	- 0 + 50 mm
Cross-Section (B)	JIS G 3466
Delection (δ)	1/1000 length max
Squareness (W)	± 20
Twisting	± 4 mm
Thickness	JIS G 3193

Standard :

- Specification standard JIS & ASTM
- Material Standard SS 400, A36 & GR 50 A, B, C
- Bigger dimension will be produced, if there confirm before
- Semi Welding joint, partial penetration (AWS - D1.1 - 96)

PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES (JBI PILES) JIS. A 5335



The manufacture of JBI piles uses a combined system : prestressing, spinning and steam curing which are done in the plant. Due to above system, the resulted processes the following qualities : Stable, high quality, high density of concrete, with extremely low absorption rate, totality free of corrosion problem. High resistance to shock, due to it's elasticity. The effective prestress at type A, AB, B, C are about 40, 60, 80, 100 Kg/Cm² respectively. Bearing capacity determined by the material with concrete allowable stress according to ACI 543 : $0.33 \times 500 - 0.27 \times 40 = 154 \text{ Kg/Cm}^2$ (for type A pile, the other type are changed of effective prestressed).

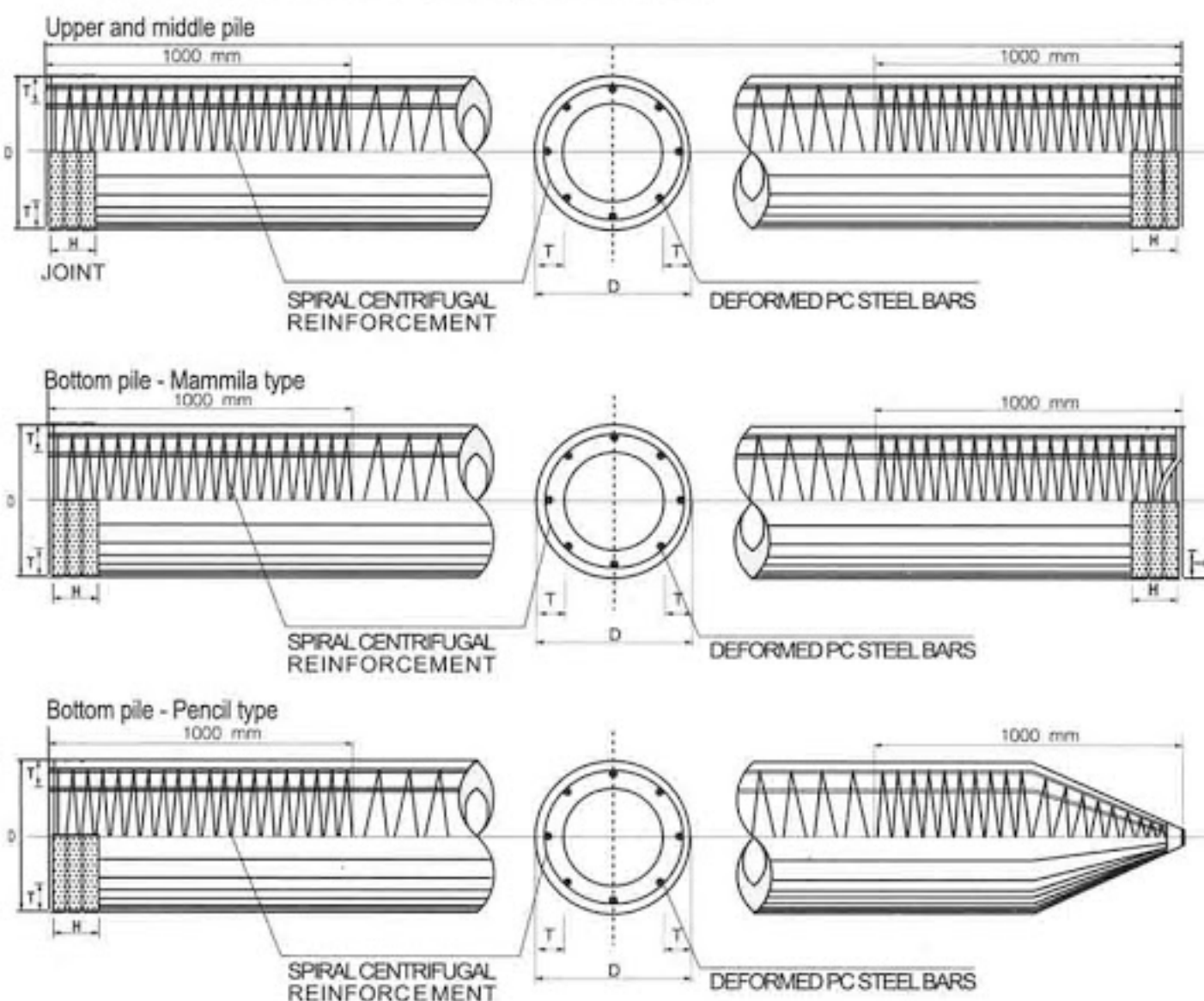
Specification Of Prestressed Concrete Spun Piles, JIS A 5335

Out Side Diameter (mm)	Type (Class)	Thickness (mm)	Cross Section Area (cm ²)	Bearing Capacity (ton) ACI 543	Cracking Bending Moment (t.m)	Ultimate Bending Moment (t.m)	Length (meter) & Weight (ton)								
							7 m	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	15 m
300	A	60	452,4	70	2,5	3,8	0.82	0.94	1.06	1.18	1.29	1.41	1.53		
	AB				3,0	5,0									
	B				3,5	6,3									
	C				4,0	8,0									
350	A	65	582,0	90	3,5	5,2	1.06	1.21	1.36	1.51	1.66	1.81	1.97	2.12	2.27
	AB				4,0	7,1									
	B				5,0	9,0									
	C				6,0	12,0									
400	A	75	765,8	118	5,5	8,2	1.39	1.59	1.79	1.99	2.19	2.39	2.59	2.79	2.98
	AB				6,5	10,7									
	B				7,5	13,5									
	C				9,0	18,0									
450	A	80	929,9	143	7,5	11,2	1.69	1.93	2.17	2.42	2.66	2.90	3.14	3.38	3.62
	AB				9,0	15,5									
	B				11,0	19,8									
	C				12,5	25,0									
500	A	90	1.159,0	178	10,5	15,7	2.11	2.41	2.71	3.01	3.31	3.62	3.92	4.22	4.52
	AB				12,5	18,8									
	B				15,0	27,0									
	C				17,0	34,0									
600	A	100	1.570,8	242	17,0	25,5	2.86	3.27	3.67	4.08	4.49	4.90	5.31	5.71	6.12
	AB				20,0	35,3									
	B				25,0	45,0									
	C				29,0	58,0									

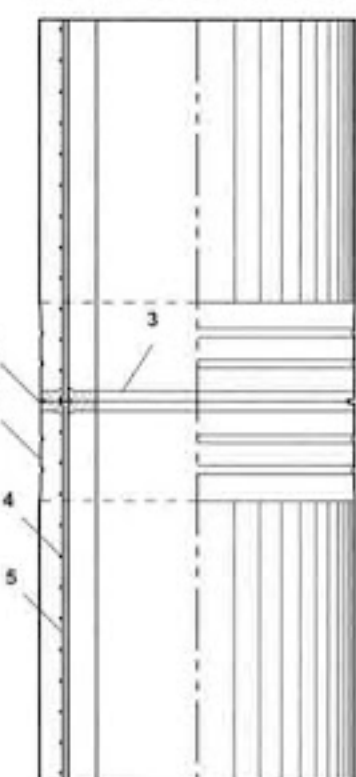
Concrete Strength, $f_c = 500 \text{ kg/cm}^2$ (Cylinder Test), or equivalent to K - 600 (Cube Test)

Construction Of Prestressed Concrete Spun Piles

CONSTRUCTION OF JBI PILES



WELDED JOINT



1. On - Site butt Welding
2. Steel plate band
3. End Plate
4. Spiral Reinforcing
5. PC Steel Bar

Calculation Of Bearing Capacity Dynamic Formula

$$R_a = \frac{2.W.H}{5.S + 0.1}$$

R_a = Allowable Bearing Capacity (ton)
 W = Weight of Hammer (ton)
 H = Height of ram stroke (m)
 S = Final settlement of pile, determined as the average of the last 10 blows, (m)

GAMBAR RENCANA

GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO



MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM *BUCKLING RESTRAINED*
BRACED FRAMES

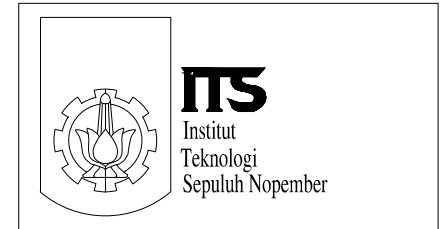
OLEH :
RACHEL ANGELINE RAHAYU
3115105002

DOSEN PEMBIMBING I :
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D
NIP. 197301281998021002

DOSEN PEMBIMBING II :
Ir. ISDARMANU , MSc
NIP. 194709191976031001

DAFTAR ISI

GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO



DAFTAR ISI

GAMBAR ARSITEKTUR

No	NAMA GAMBAR	KODE. GAMBAR	NO. LEMBAR
1	DENAH LANTAI BASEMENT	ARS	01
2	DENAH LANTAI GF	ARS	02
3	DENAH LANTAI 2	ARS	03
4	DENAH LANTAI 3	ARS	04
5	DENAH LANTAI 4 – 6	ARS	05
6	DENAH LANTAI 7 – 9	ARS	06
7	DENAH LANTAI SKY LOUNGE	ARS	07
8	DENAH LANTAI ATAP	ARS	08
9	TAMPAK DEPAN – A	ARS	09
10	TAMPAK SAMPIING – B	ARS	10
11	TAMPAK BELAKANG – C	ARS	11
12	TAMPAK SAMPIING – D	ARS	12

DAFTAR ISI

GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO



DAFTAR ISI

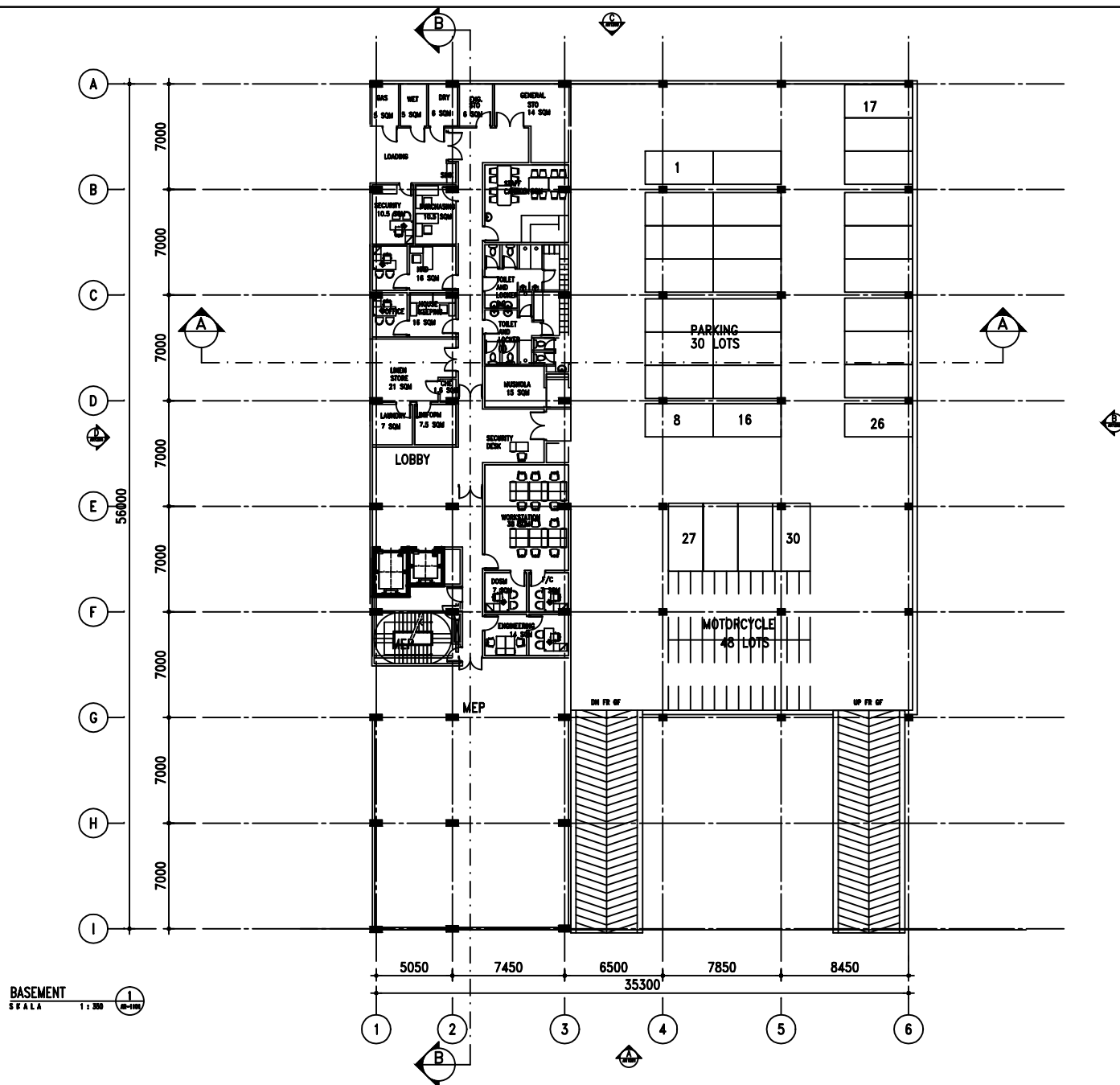
GAMBAR STRUKTUR


No	NAMA GAMBAR	KODE. GAMBAR	NO. LEMBAR
1	DENAH KOLOM DAN BALOK LT. BASEMENT	STR	01
2	DENAH KOLOM DAN BALOK LT. GF	STR	02
3	DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 2	STR	03
4	DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 3	STR	04
5	DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 4-5	STR	05
6	DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 6-7	STR	06
7	DENAH KOLOM DAN BALOK LT. 8-10	STR	07
8	DENAH KOLOM DAN BALOK LT. ATAP	STR	08
9	DENAH PONDASI	STR	09
10	POTONGAN A - A	STR	10
11	POTONGAN B - B	STR	11
12	SAMBUNGAN BALOK ANAK DENGAN BALOK INDUK	STR	12
13	SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM UTAMA	STR	13
14	DENAH TANGGA TIPE 1 DAN POTONGAN 1 (TANGGA TIPE 1)	STR	14
15	SAMBUNGAN BALOK PENUMPUNGGAN TANGGA DENGAN KOLOM SAMBUNGAN BALOK UTAMA DENGAN BALOK PENUMPUNGGAN TANGGA	STR	15
16	SAMBUNGAN BRACING DENGAN KOLOM UTAMA	STR	16
17	SAMBUNGAN BRACING DENGAN BALOK UTAMA	STR	17
18	SAMBUNGAN KOLOM KS-1 DENGAN KOLOM KS-2	STR	18
19	SAMBUNGAN KOLOM KS-1 DENGAN BASE PLATE	STR	19
20	SAMBUNGAN KOLOM KS-2 DENGAN BASE PLATE	STR	20

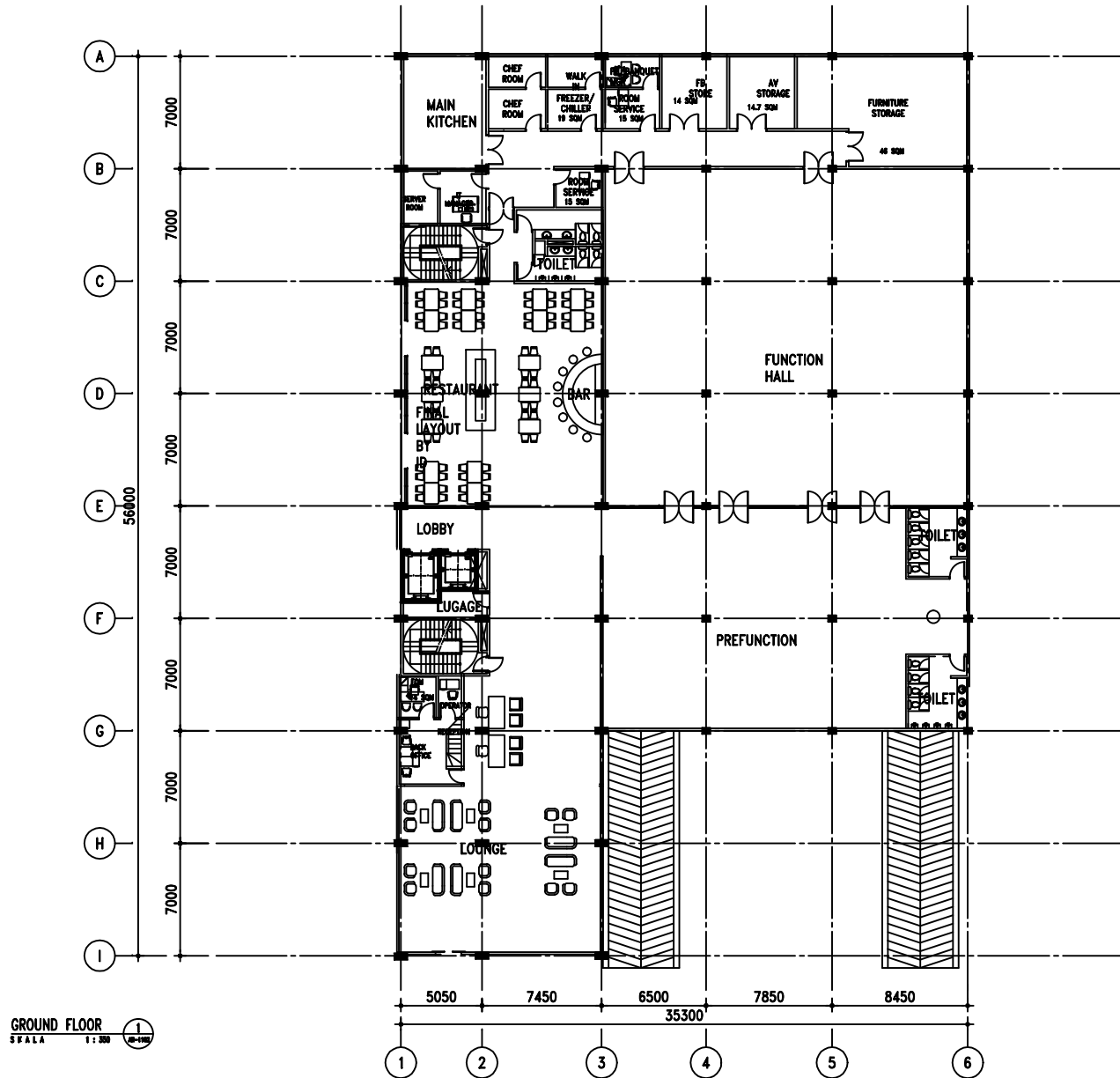
DAFTAR ISI


GAMBAR STRUKTUR

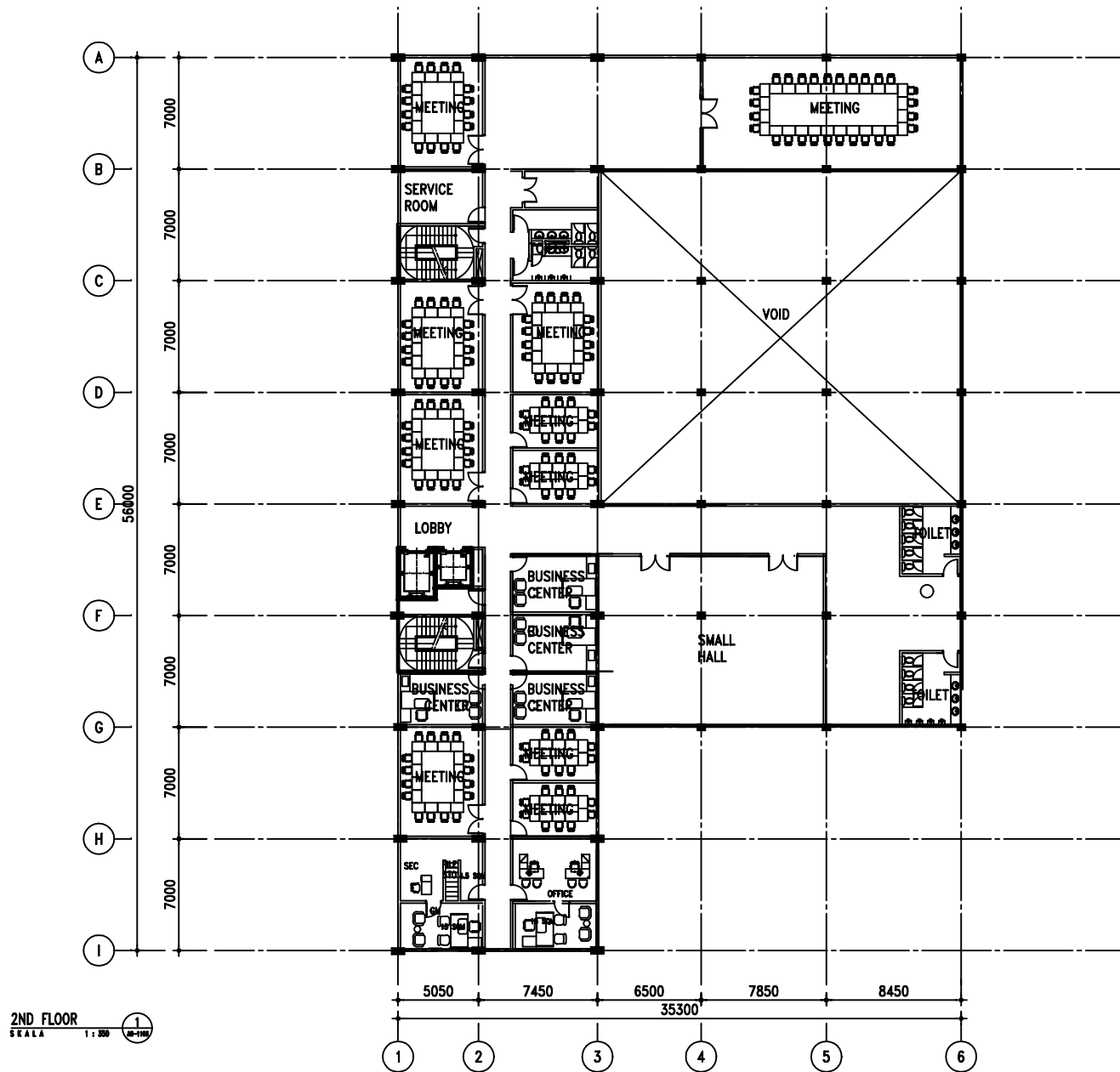
No	NAMA GAMBAR	KODE. GAMBAR	NO. LEMBAR
21	DENAH TANGGA DAN DENAH STRUKTUR TANGGA TIPE 2	STR	21
22	POTONGAN 1 (TANGGA TIPE 2)	STR	22
23	DETAIL PENULANGAN PLAT LANTAI GF	STR	23
24	DETAIL PENULANGAN PLAT LANTAI BASEMENT	STR	24
25	DETAIL PENULANGAN DINDING BASEMENT	STR	25
26	DETAIL PONDASI TIPE PC-1A DAN PC-1B	STR	26
27	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE PC-1A DAN POTONGAN 1	STR	27
28	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE PC-1B DAN POTONGAN 1	STR	28
29	DETAIL PONDASI TIPE PC-2	STR	29
30	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE PC-2 DAN POTONGAN 2	STR	30
31	DETAIL PONDASI TIPE PC-3	STR	31
32	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE PC-3	STR	32
33	POTONGAN 3 PONDASI TIPE PC-3	STR	33
34	POTONGAN 4 PONDASI TIPE PC-3	STR	34
35	TABEL PENULANGAN BALOK	STR	35
36	TABEL PENULANGAN KOLOM	STR	36




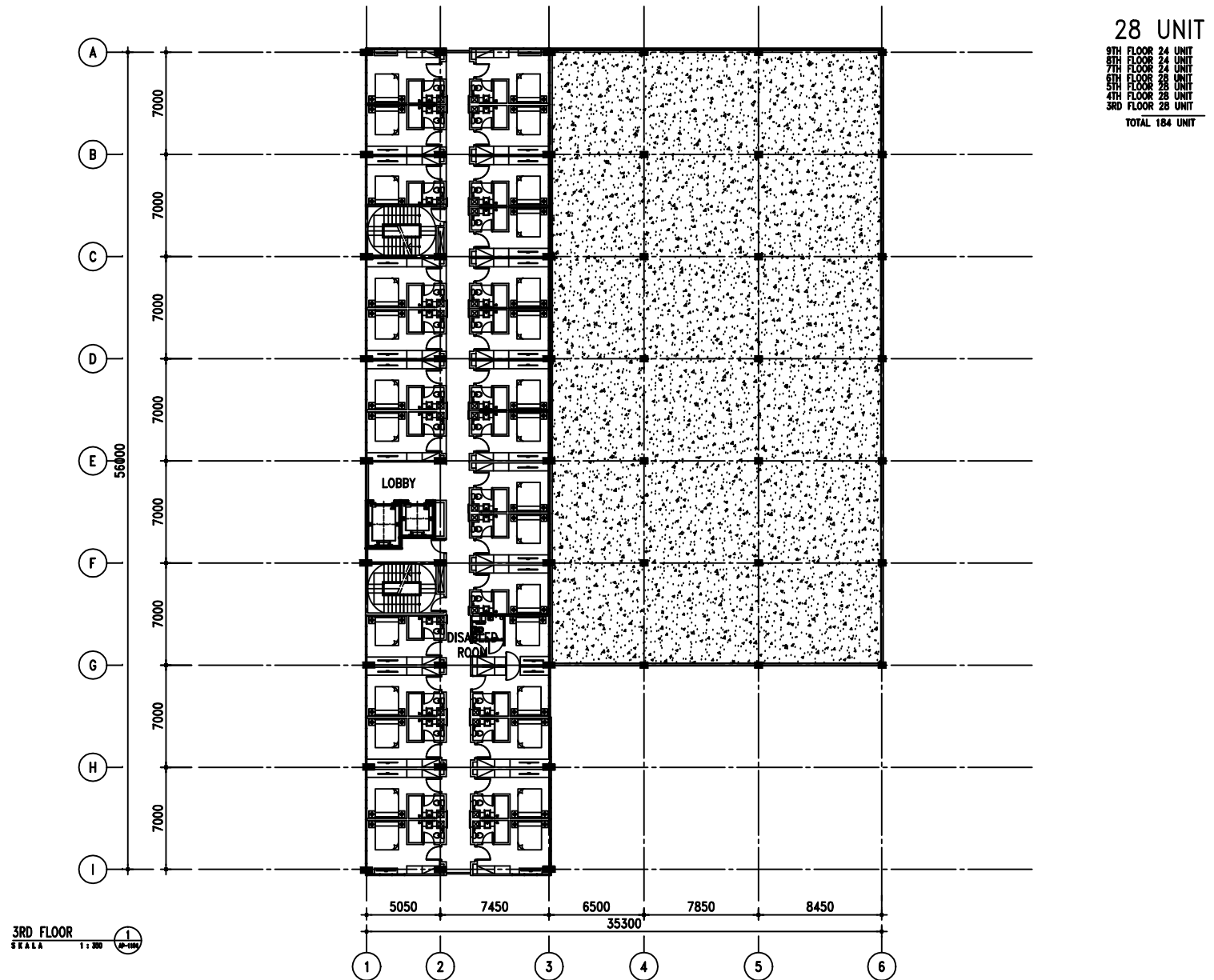
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	D/GAMBAR MAHASISWA :	D/PERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH LANTAI BASEMENT	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU <small>NRP. 3115205002</small>	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D <small>NIP. 197301281998021002</small> Ir. ISDARMANU, MSc <small>NIP. 195709191976031001</small>		ARS	01	12




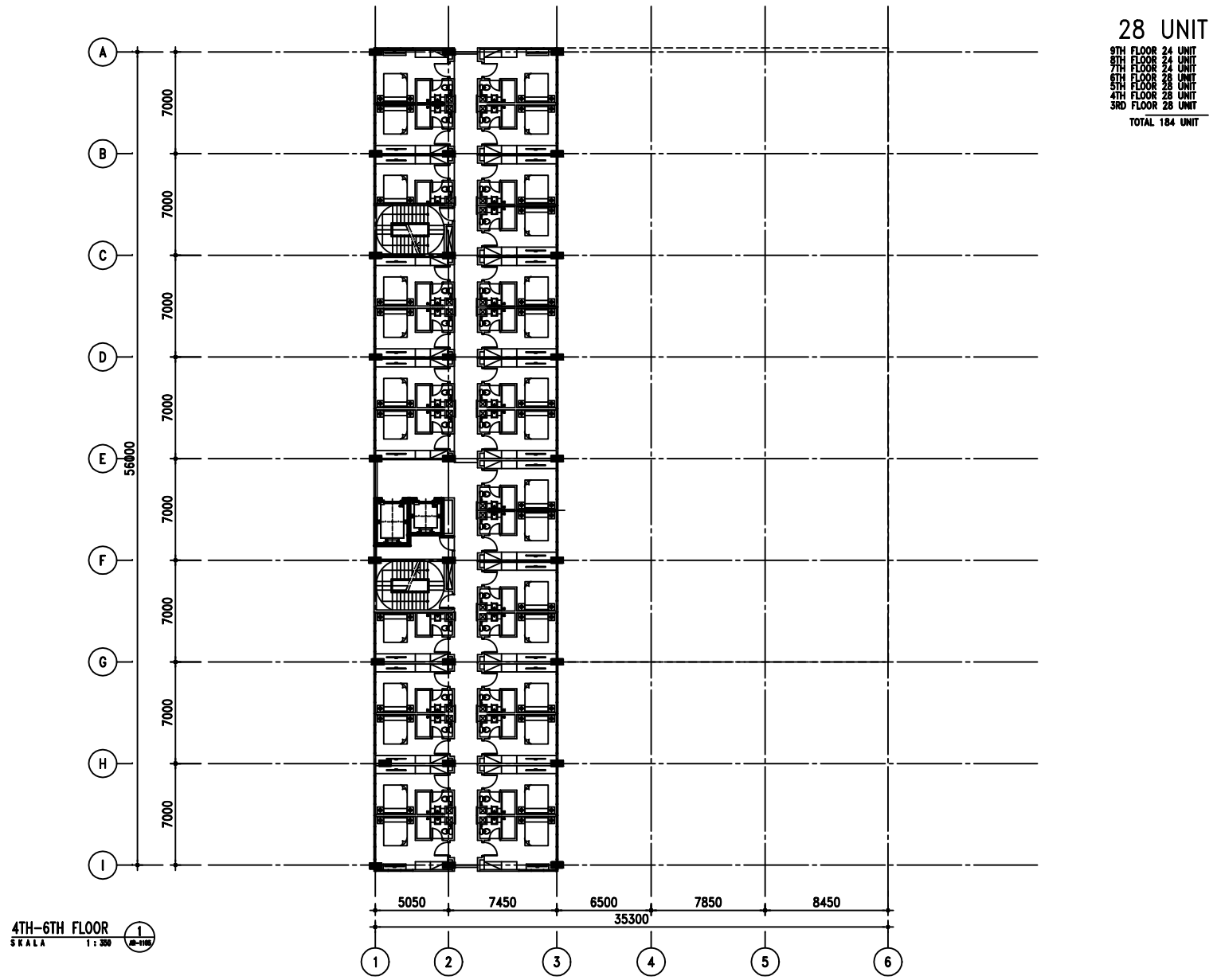
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH LANTAI GF	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		ARS	02	12




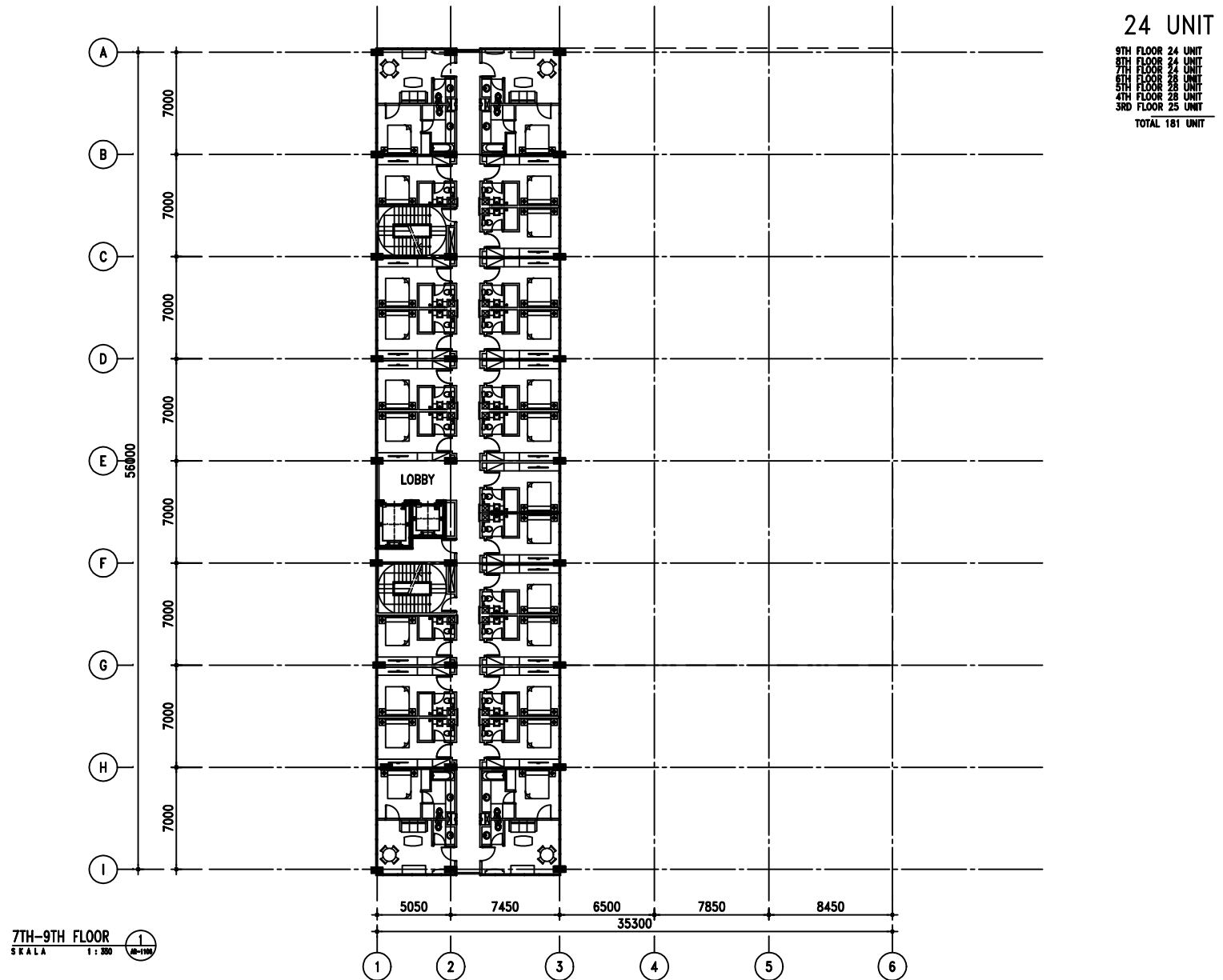
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH LANTAI 2	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		ARS	03	12




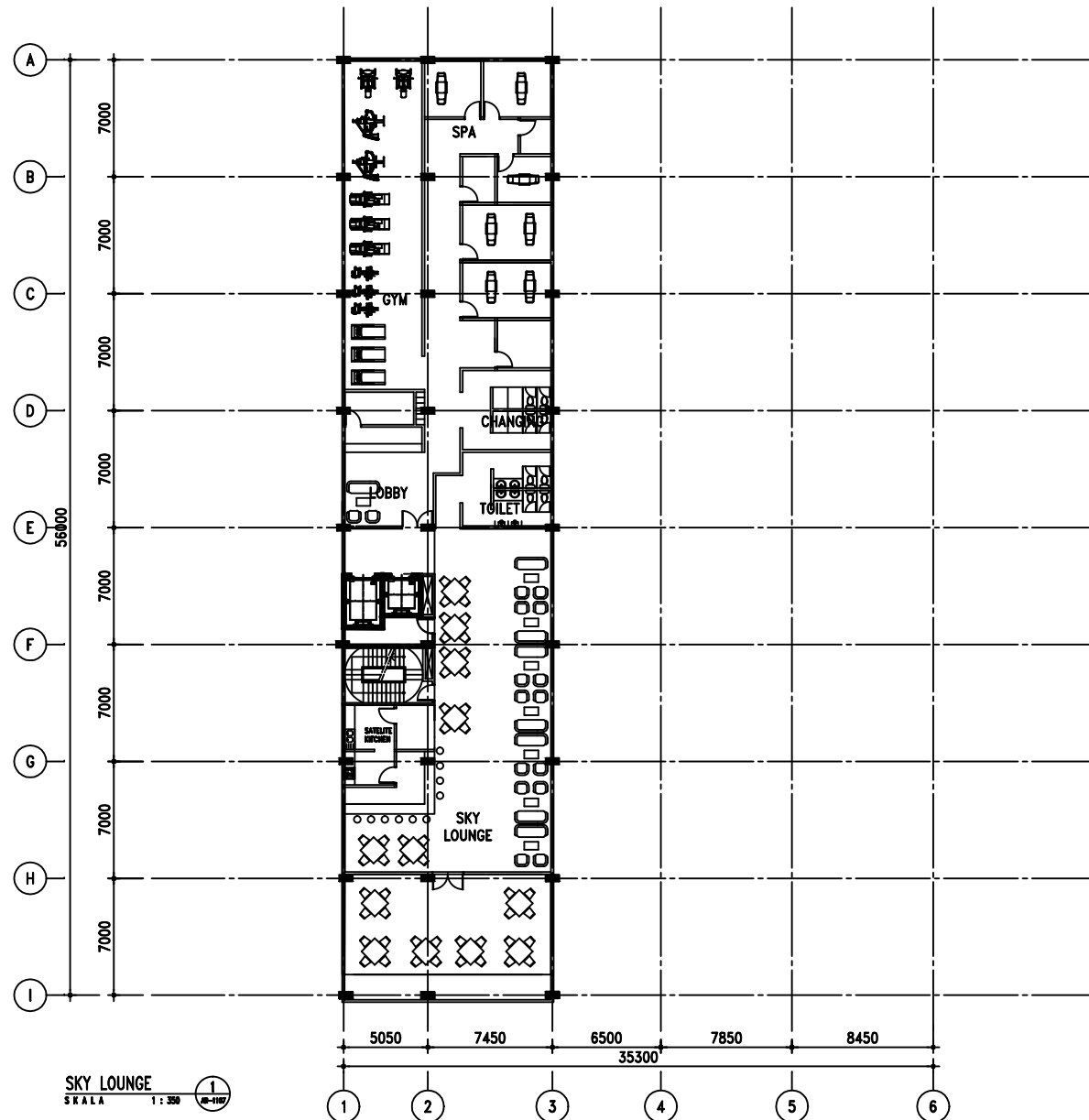
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	DENAH LANTAI 3	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		ARS	04	12




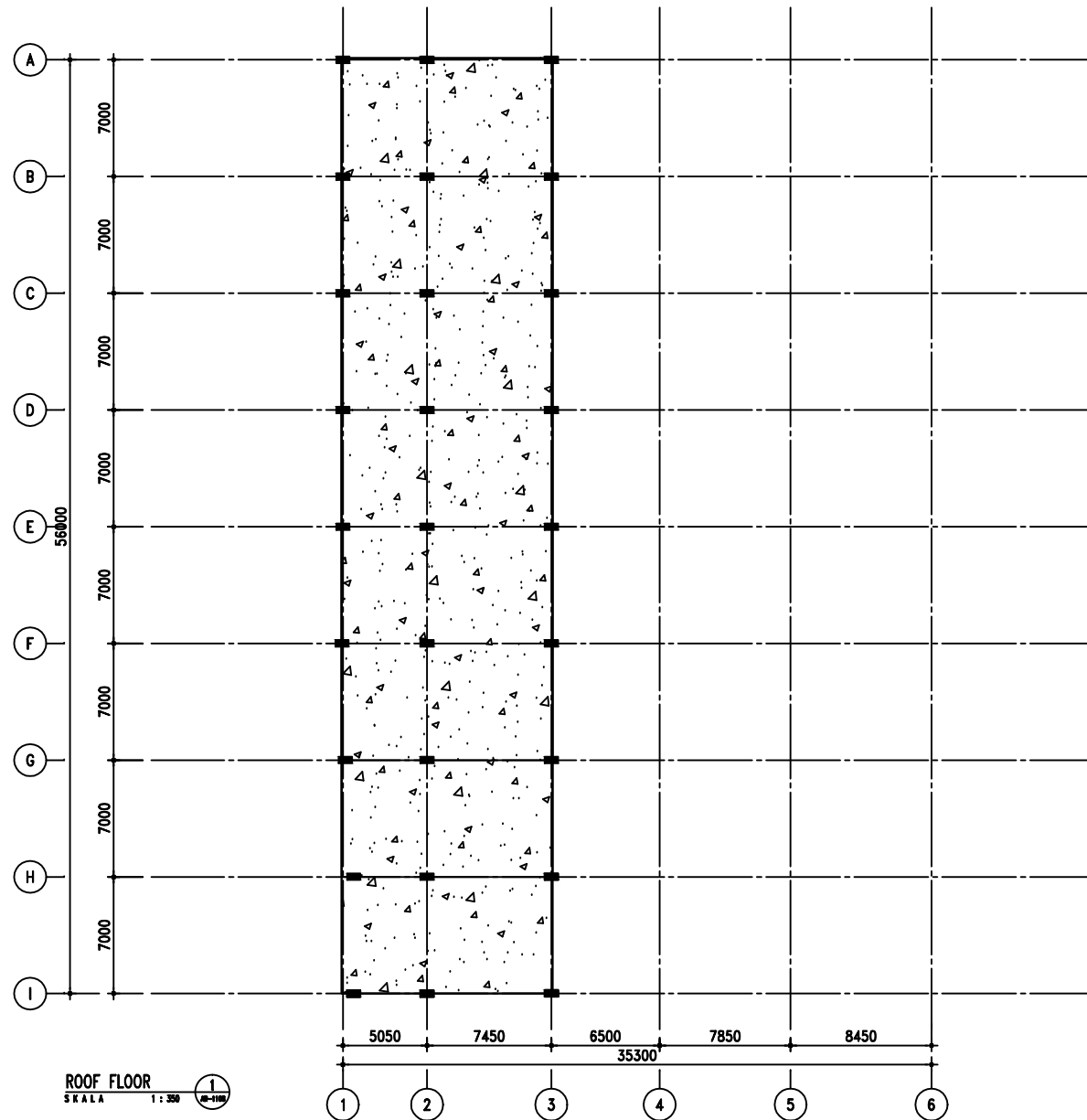
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	DENAH LANTAI 4-6	1 : 350	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		ARS	05	12




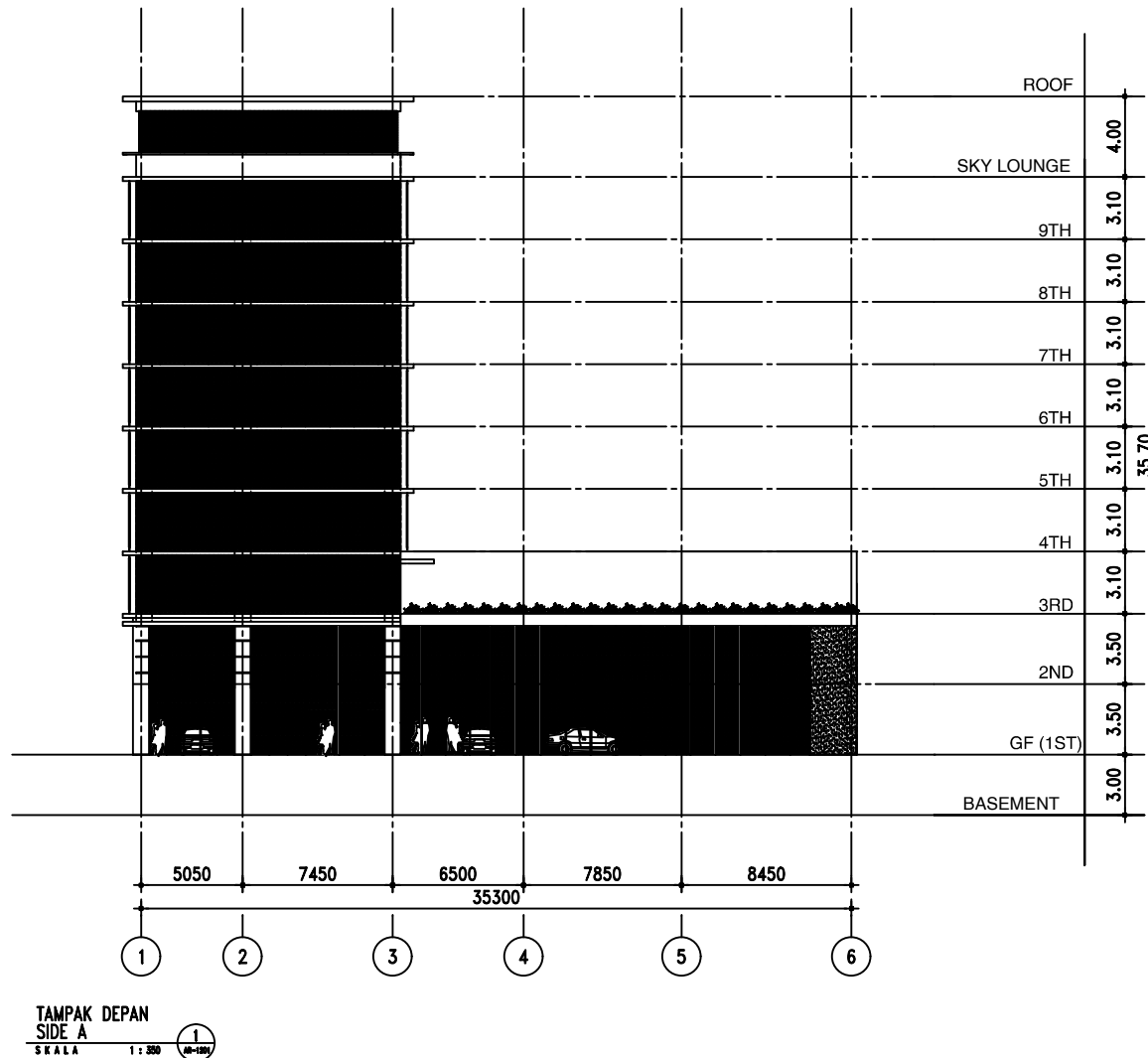
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	D/GAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH LANTAI 7-9	1 : 350	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		ARS	06	12




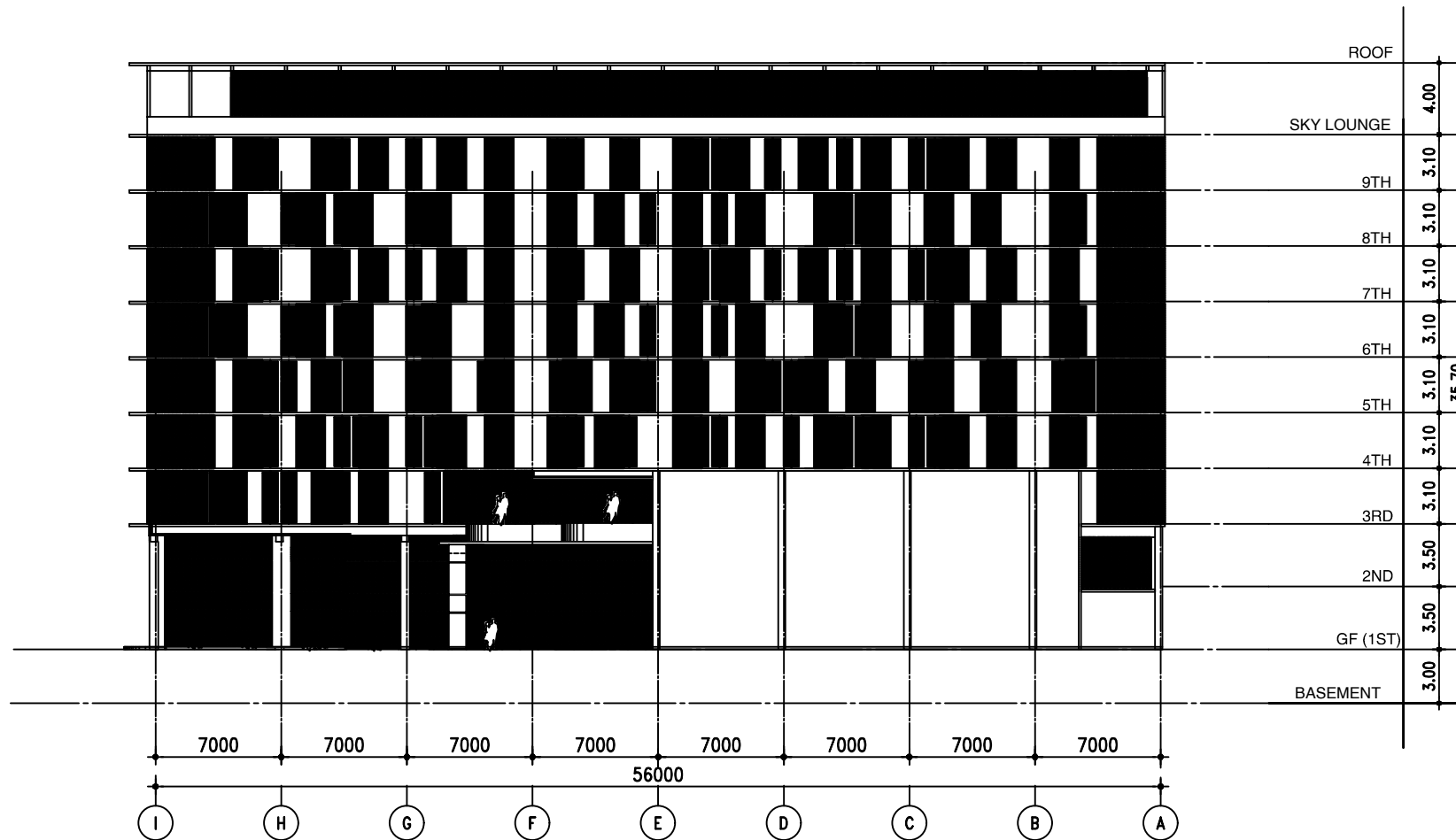
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH LANTAI SKY LOUNGE	1 : 350	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		ARS	07	12




INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN KONSULTASI :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH LANTAI ATAP	1 : 350	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		ARS	08	12

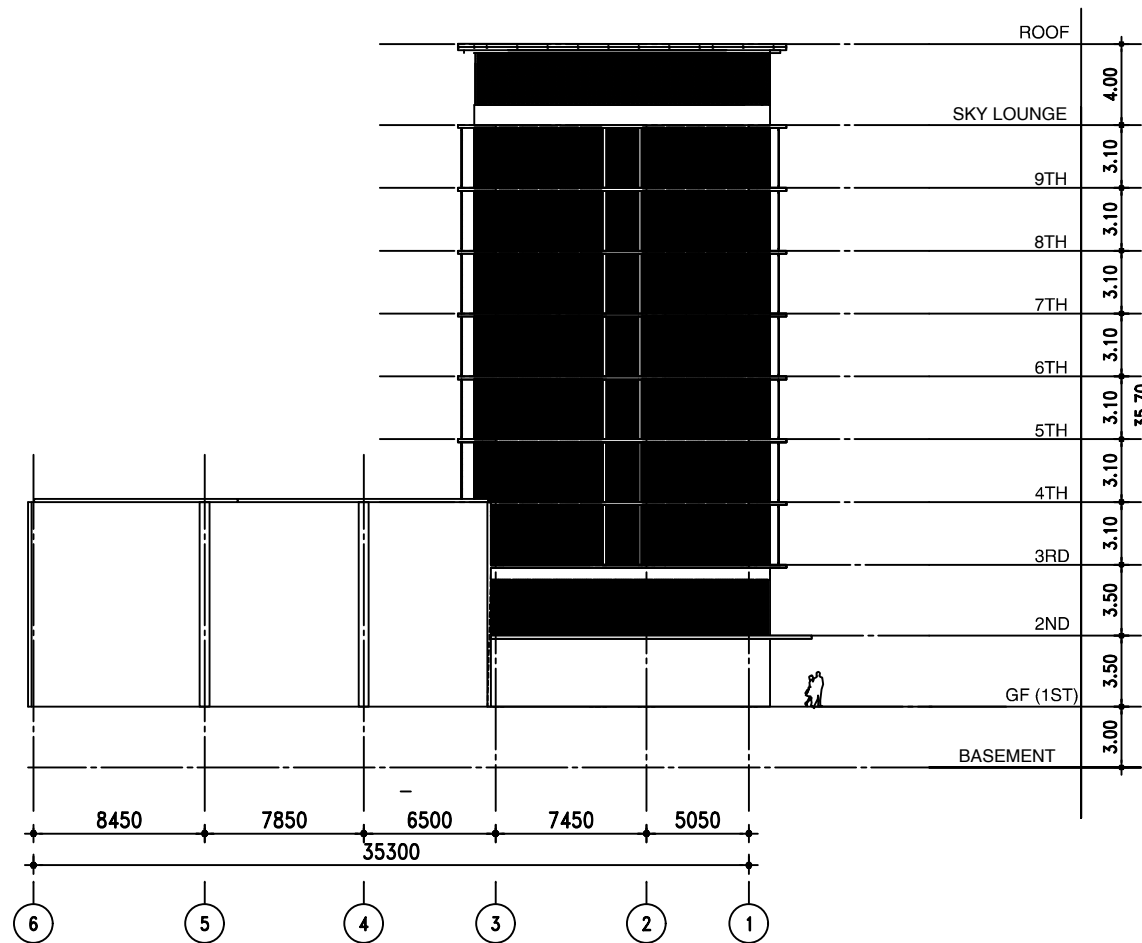


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	TAMPAK DEPAN – A	1 : 350	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		ARS	09	12




TAMPAK SAMPING
SIDE B
SKALA 1 : 350

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	TAMPAK SAMPING – B	1 : 350	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		ARS	10	12




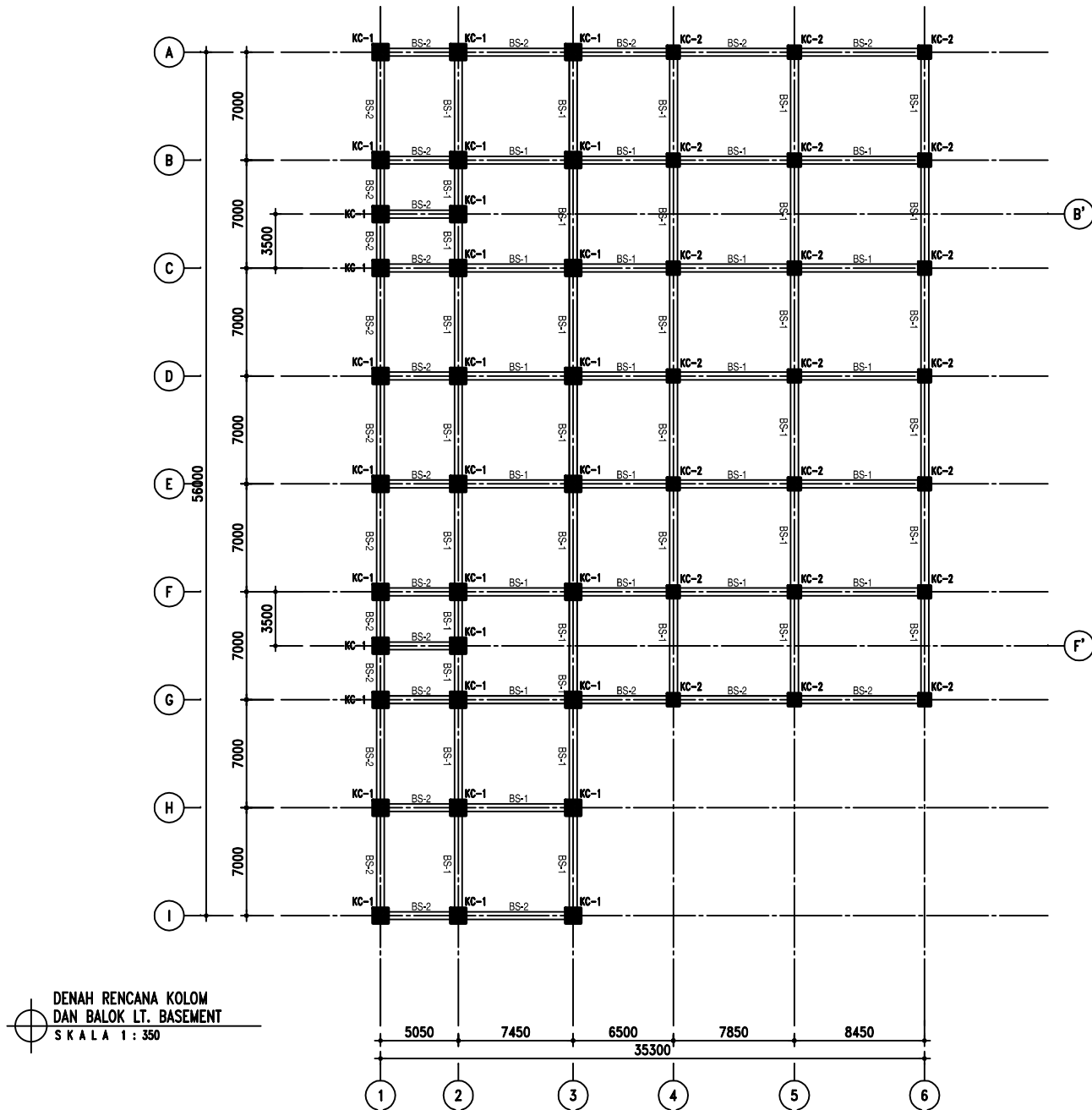
TAMPAK BELAKANG
SIDE C
SKALA 1 : 350

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	TAMPAK BELAKANG – C	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		ARS	11	12




TAMPAK SAMPING
SIDE D
SKALA 1 : 350

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	TAMPAK SAMPING – D	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		ARS	12	12

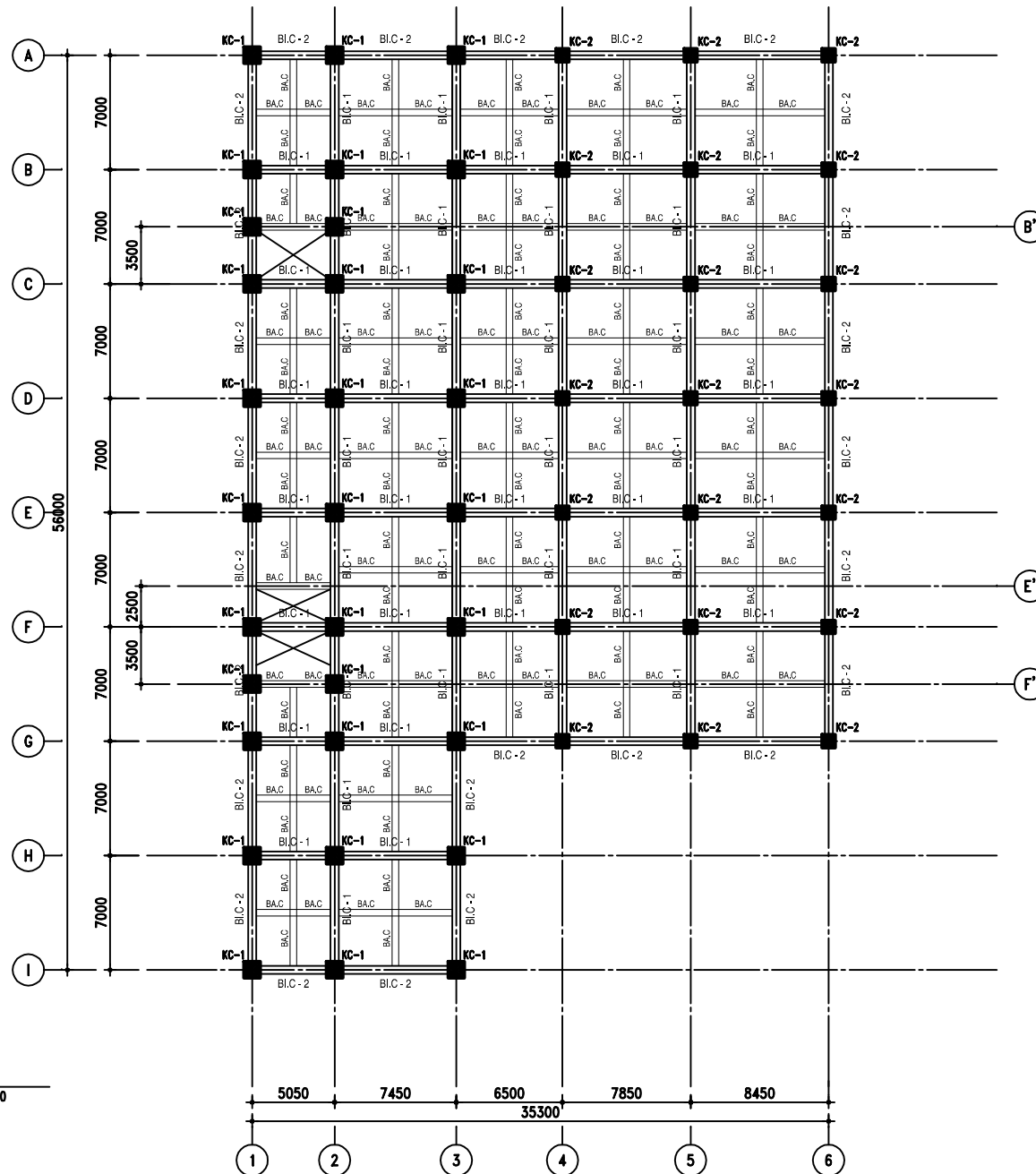


KETERANGAN	
KC - 1	1000 mm x 1000 mm
KC - 2	800 mm x 800 mm
BS.C	400 mm x 600 mm
Bl.C - 1	450 mm x 650 mm
Bl.C - 2	450 mm x 650 mm
BA.C	350 mm x 550 mm


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH RENCANA KOLOM DAN BALOK LT.BASEMENT	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	01	36

**DENAH RENCANA
KOLOM DAN BALOK
Lt. GF**

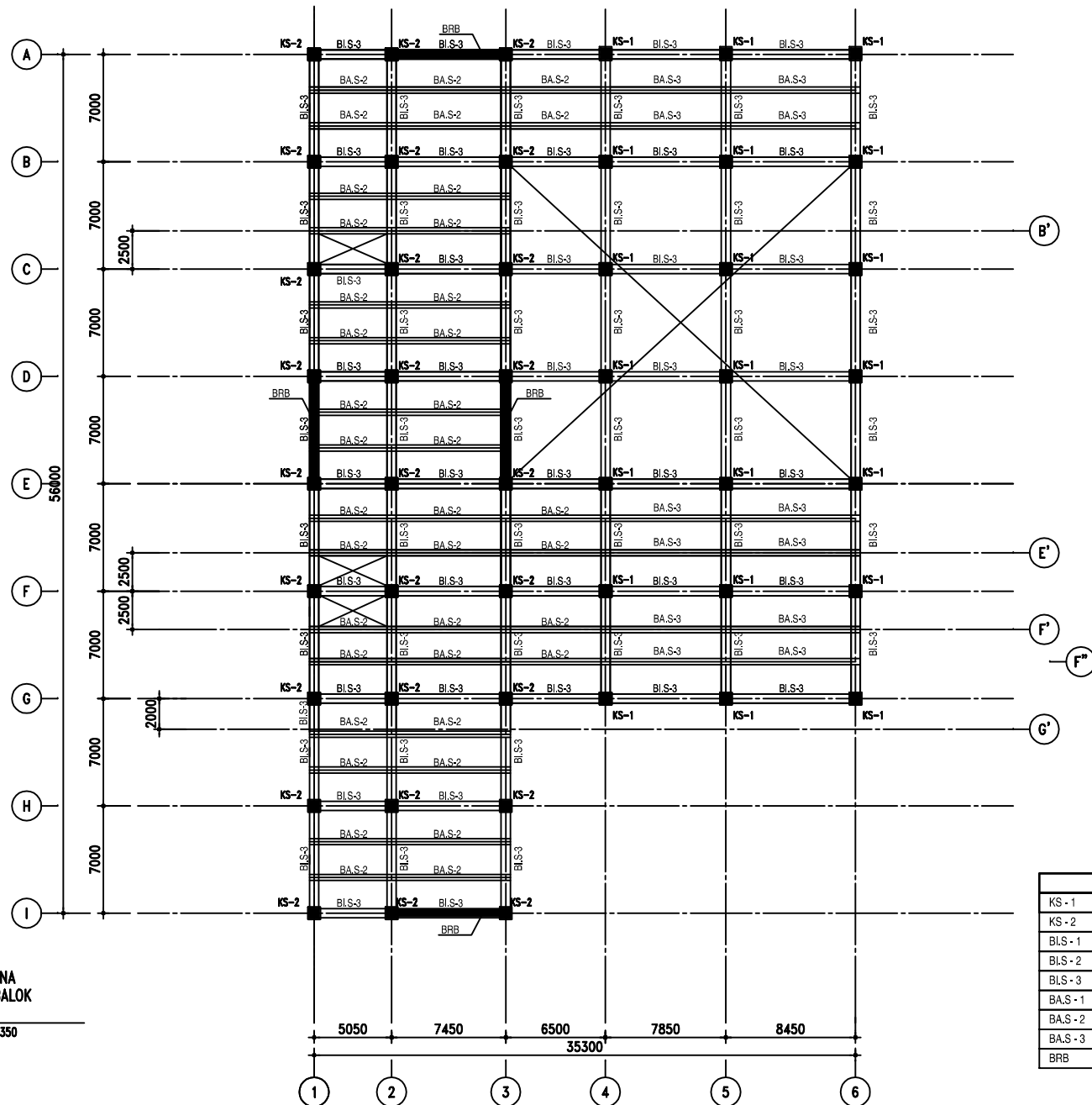
SKALA 1 : 350



KETERANGAN	
KC - 1	1000 mm x 1000 mm
KC - 2	800 mm x 800 mm
BS.C	400 mm x 600 mm
BI.C - 1	450 mm x 650 mm
BI.C - 2	450 mm x 650 mm
BA.C	350 mm x 550 mm

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BRUCKING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH RENCANA KOLOM DAN BALOK Lt. GF	1 : 350	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	02	36

DENAH RENCANA
KOLOM DAN BALOK
Lt. 2nd
SKALA 1 : 350



INSTITUT / UNIVERSITAS



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL
BOJONEGORO DENGAN SISTEM BRUCKLING
RESTRAINED BRACED FRAMES

JUDUL GAMBAR

DENAH RENCANA
KOLOM DAN BALOK
LT. 2nd

SKALA

1 : 350

DIGAMBAR

MAHASISWA :

RACHEL ANGELINE RAHAYU
NRP. 3115205002

DIPERIKSA

DOSEN PEMBIMBING :

BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D
NIP. 197301281998021002

Ir. ISDARMANU, MSc
NIP. 195709191976031001

REVISI

KODE GBR

STR

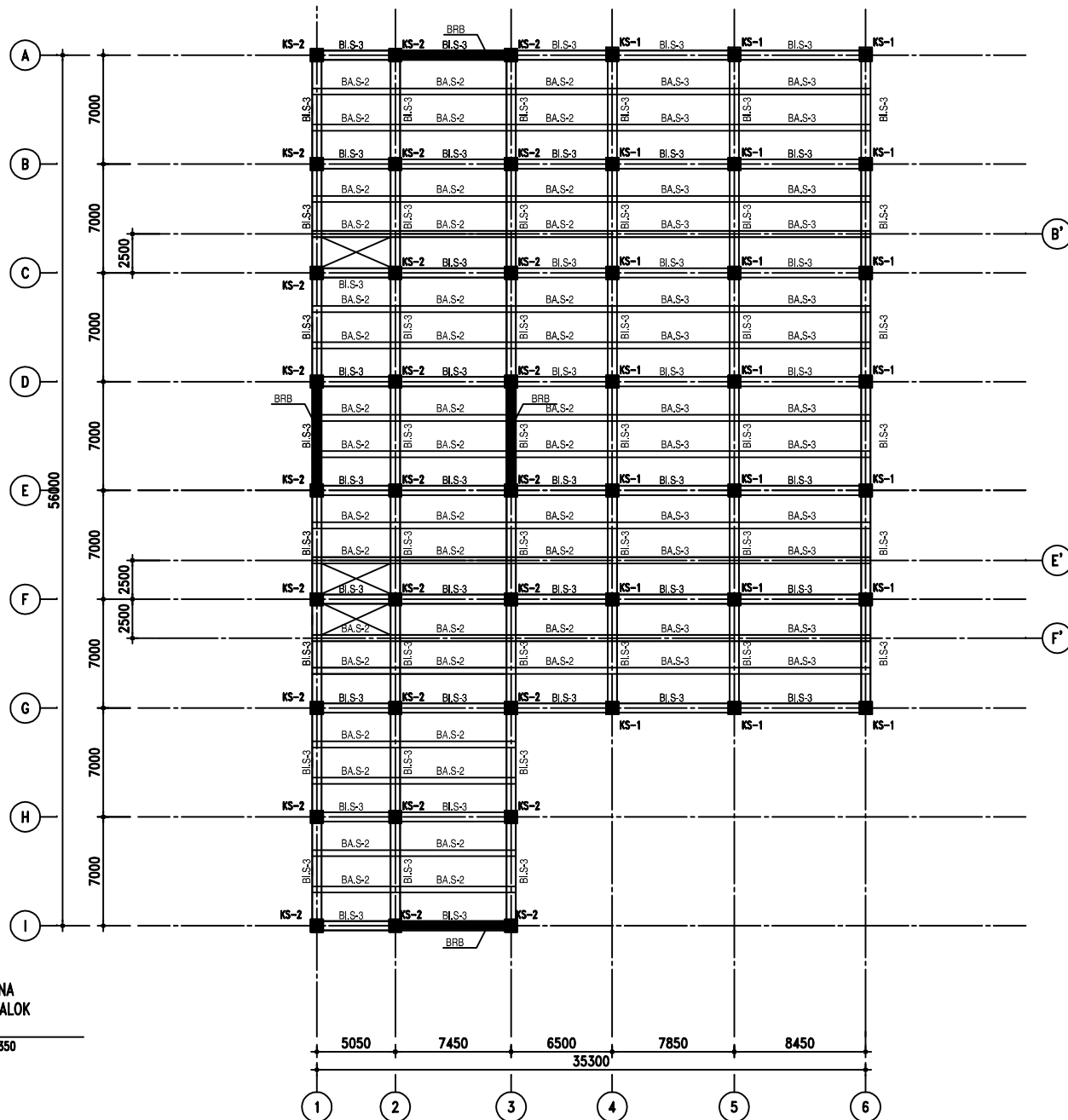
NO. GBR

03


JUMLAH LEMBAR

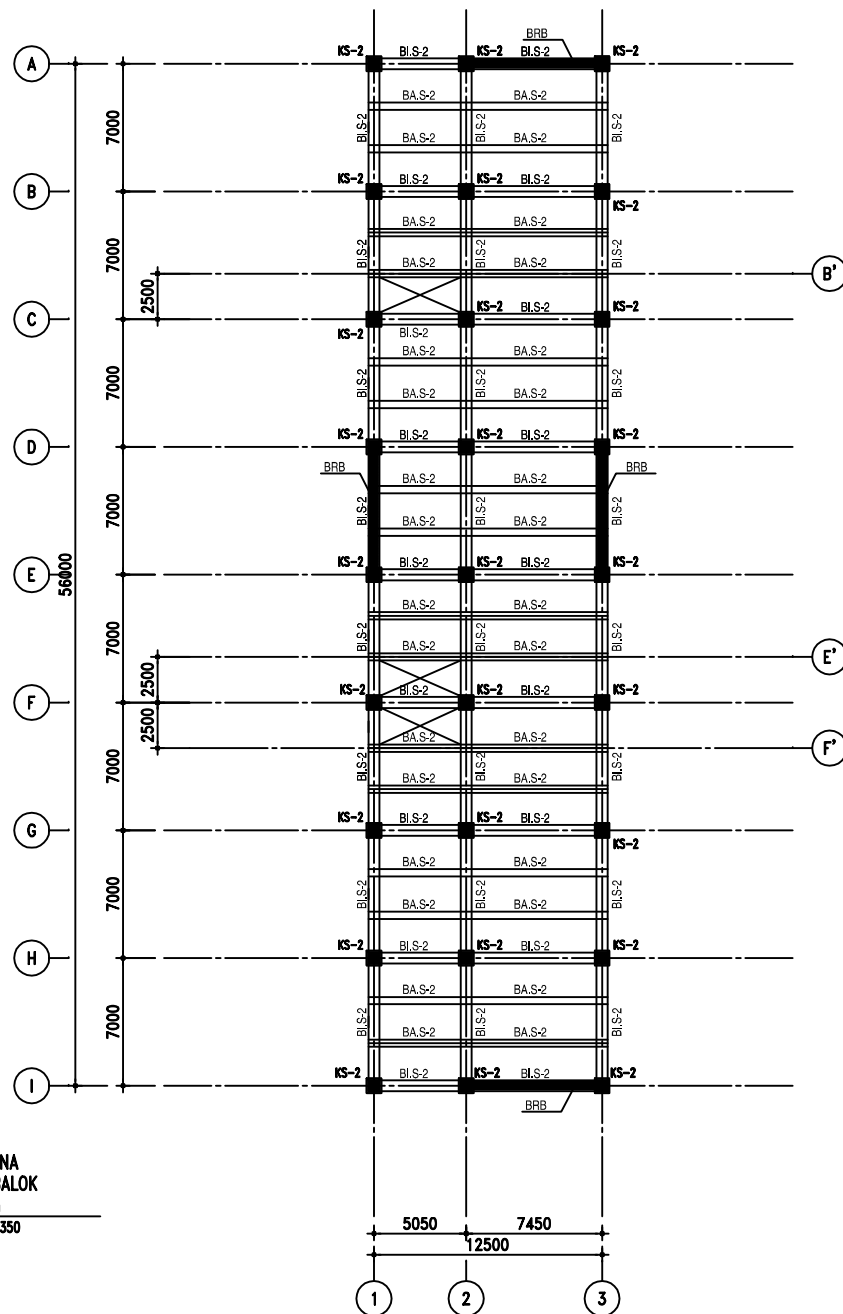
36

**DENAH RENCANA
KOLOM DAN BALOK
Lt. 3 rd
SKALA 1 : 350**




KETERANGAN	
KS - 1	CFT 500.500.16
KS - 2	CFT 600.600.16
BLS - 1	WF 500.200.10.16
BLS - 2	WF 600.200.11.17
BLS - 3	WS 700.300.13.24
BA.S - 1	WS 300.200.8.12
BA.S - 2	WS 400.200.8.13
BA.S - 3	WS 450.200.8.14
BRB	SC 150.150.15

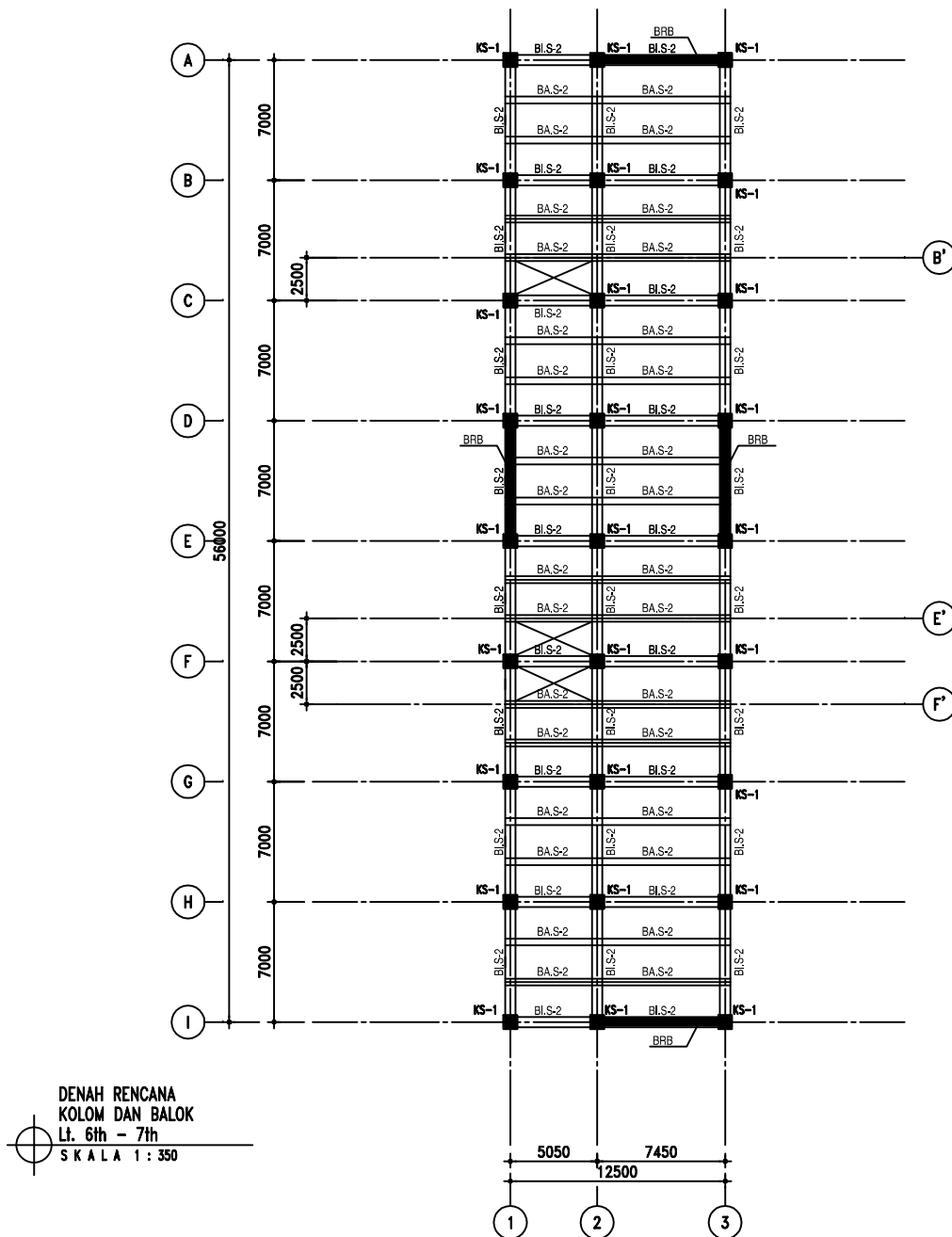
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH RENCANA KOLOM DAN BALOK LT. 3rd	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	04	36



DENAH RENCANA
KOLOM DAN BALOK
Lt. 4th ~ 5th
SKALA 1 : 350


KETERANGAN	
KS - 1	CFT 500.500.16
KS - 2	CFT 600.600.16
BLS - 1	WF 500.200.10.16
BLS - 2	WF 600.200.11.17
BLS - 3	WS 700.300.13.24
BA.S - 1	WS 300.200.8.12
BA.S - 2	WS 400.200.8.13
BA.S - 3	WS 450.200.9.14
BRB	SC 150.150.15

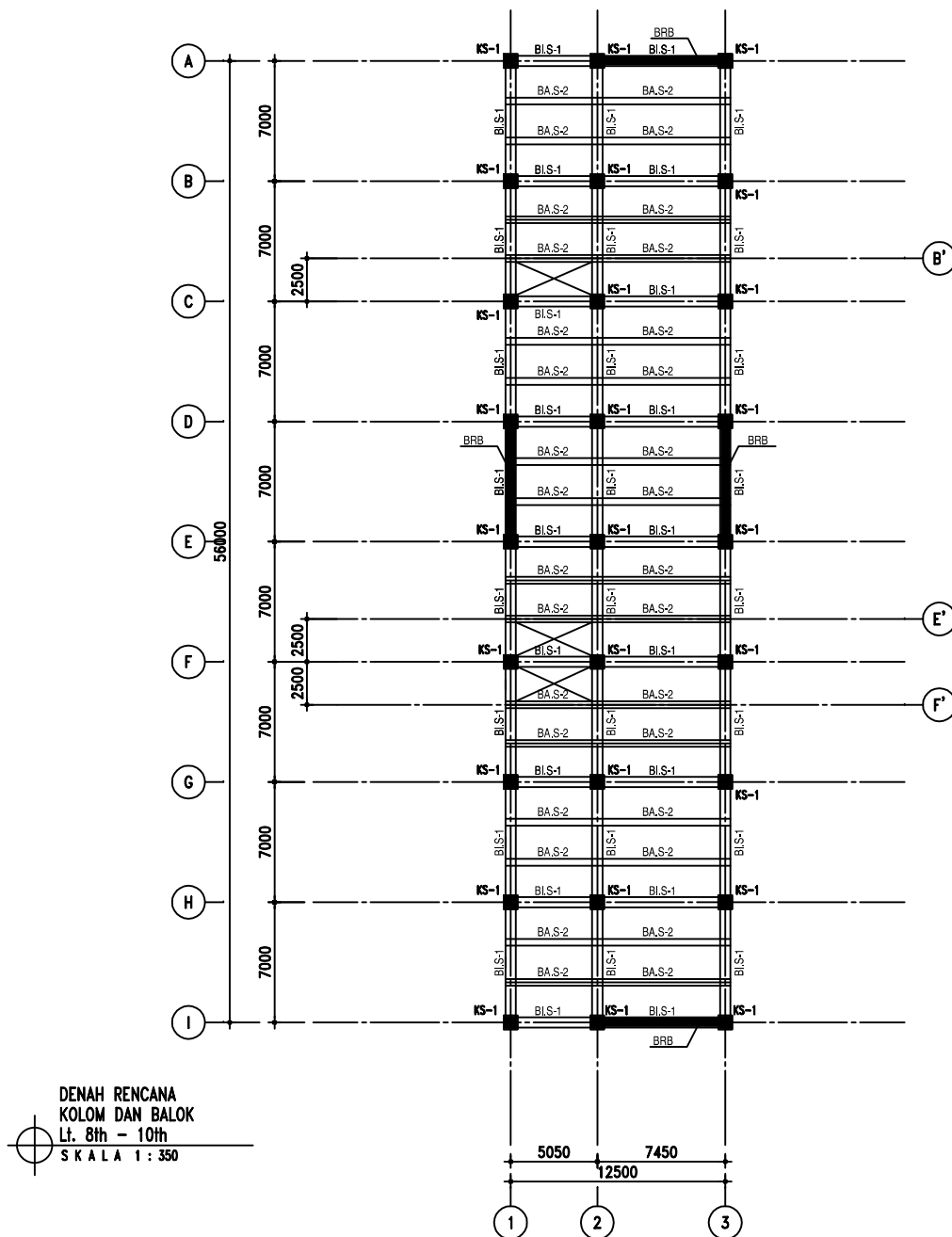
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH RENCANA KOLOM DAN BALOK LT. 4th ~ 5th	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	05	36



DENAH RENCANA
KOLOM DAN BALOK
Lt. 6th - 7th
SKALA 1 : 350


KETERANGAN	
KS - 1	CFT 500.500.16
KS - 2	CFT 600.600.16
BLS - 1	WF 500.200.10.16
BLS - 2	WF 600.200.11.17
BLS - 3	WS 700.300.13.24
BA.S - 1	WS 300.200.8.12
BA.S - 2	WS 400.200.8.13
BA.S - 3	WS 450.200.9.14
BRB	SC 150.150.15

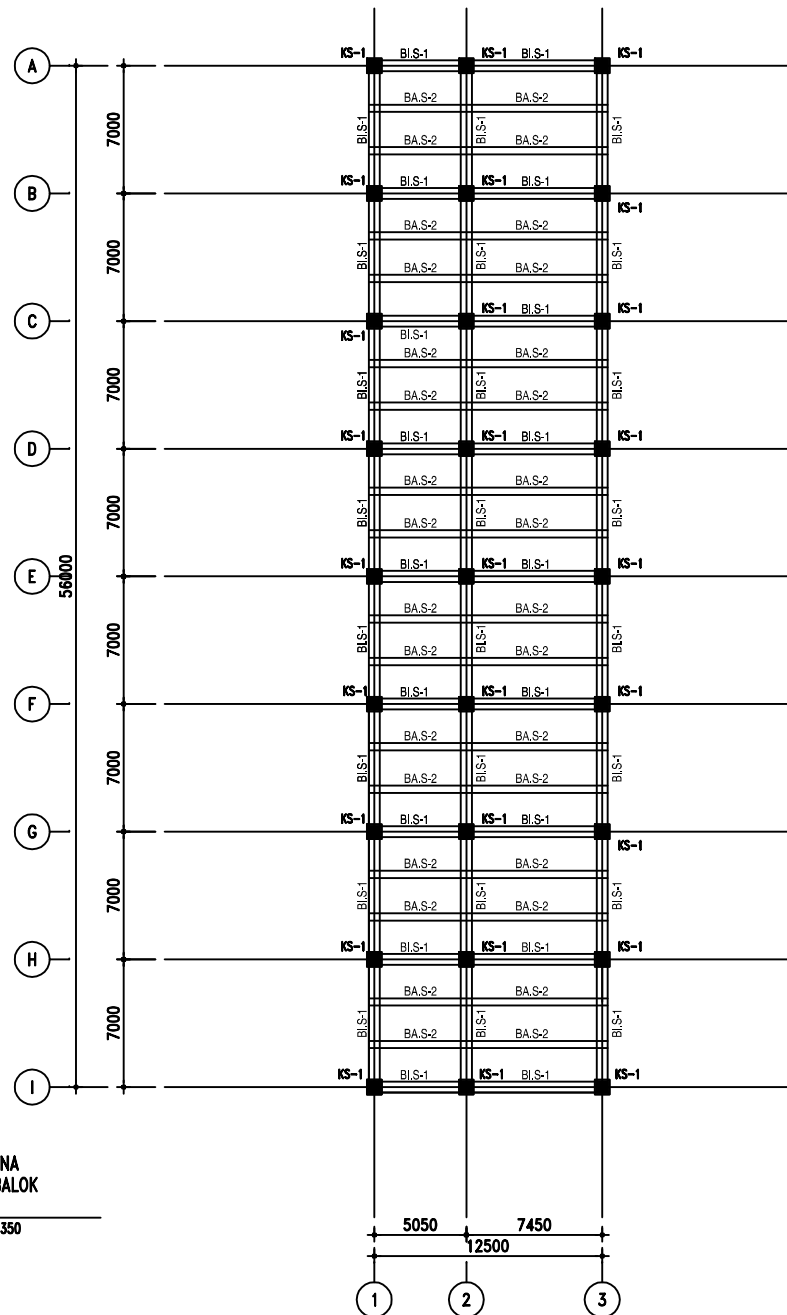
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH RENCANA KOLOM DAN BALOK LT. 6th - 7th	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	06	36



DENAH RENCANA
 KOLOM DAN BALOK
 Lt. 8th - 10th
 SKALA 1 : 350


KETERANGAN	
KS - 1	CFT 500.500.16
KS - 2	CFT 600.600.16
BLS - 1	WF 500.200.10.16
BLS - 2	WF 600.200.11.17
BLS - 3	WS 700.300.13.24
BA.S - 1	WS 300.200.8.12
BA.S - 2	WS 400.200.8.13
BA.S - 3	WS 450.200.9.14
BRB	SC 150.150.15

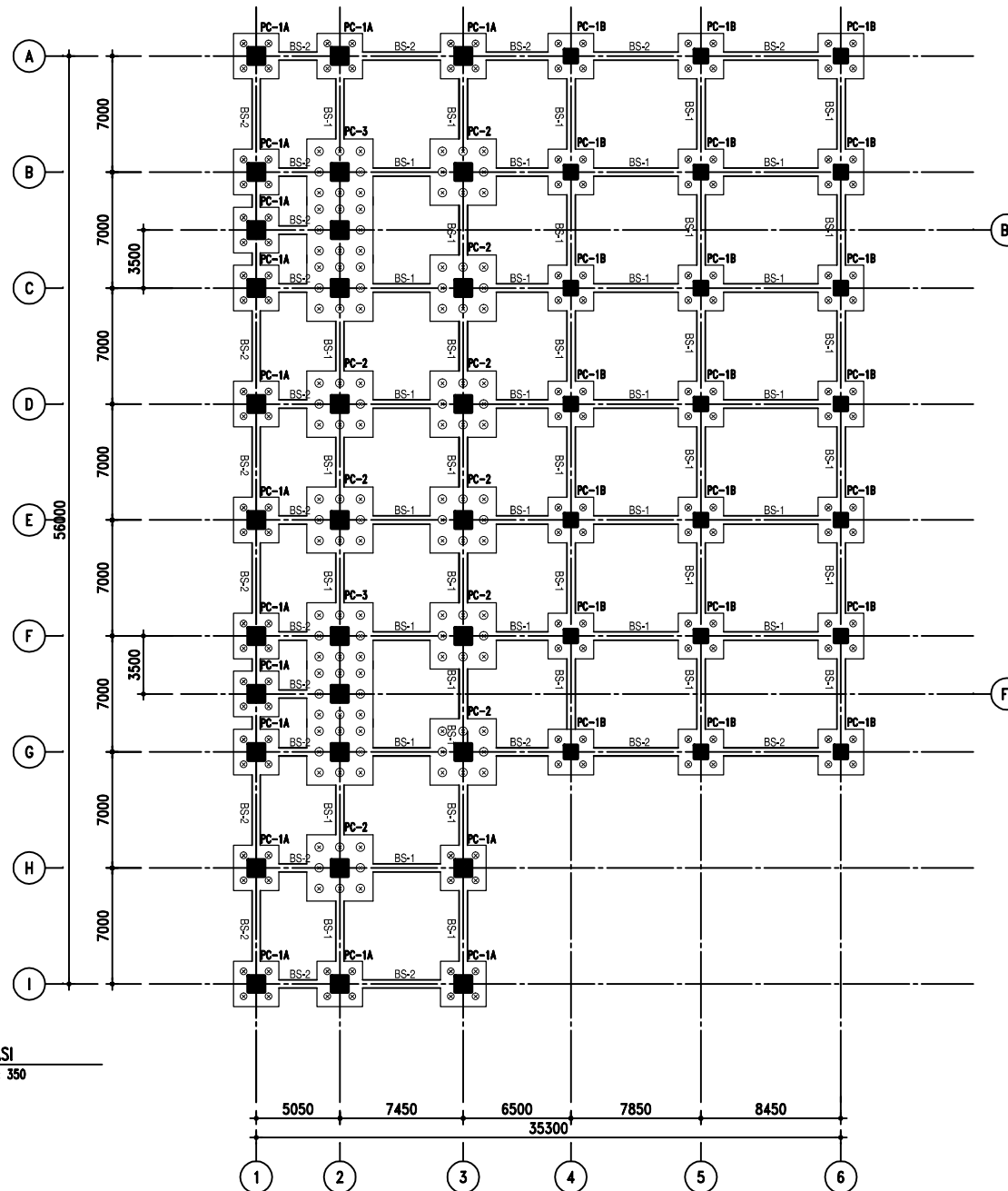
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH RENCANA KOLOM DAN BALOK LT. 8th-10th	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	07	36



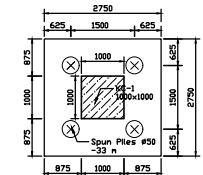
**DENAH RENCANA
KOLOM DAN BALOK
Lt. Atap**
SKALA 1 : 350

KETERANGAN	
KS - 1	CFT 500.500.16
KS - 2	CFT 600.600.16
BLS - 1	WF 500.200.10.16
BLS - 2	WF 600.200.11.17
BLS - 3	WS 700.300.13.24
BA.S - 1	WS 300.200.8.12
BA.S - 2	WS 400.200.8.13
BA.S - 3	WS 450.200.9.14
BRB	SC 150.150.15

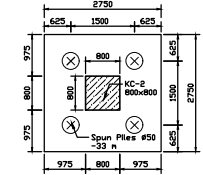
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH RENCANA KOLOM DAN BALOK LT. Atap	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	08	36



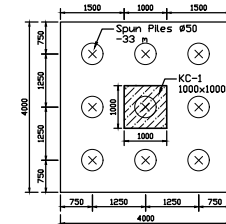
DENAH PONDASI
SKALA 1 : 350



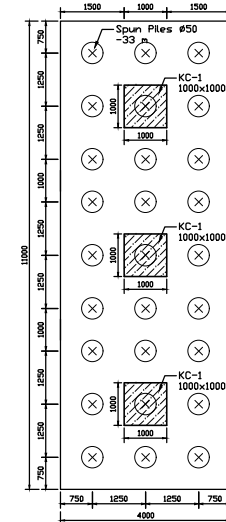
TIPE PC-1A
SKALA
1 : 150




TIPE PC-1B
SKALA
1 : 150

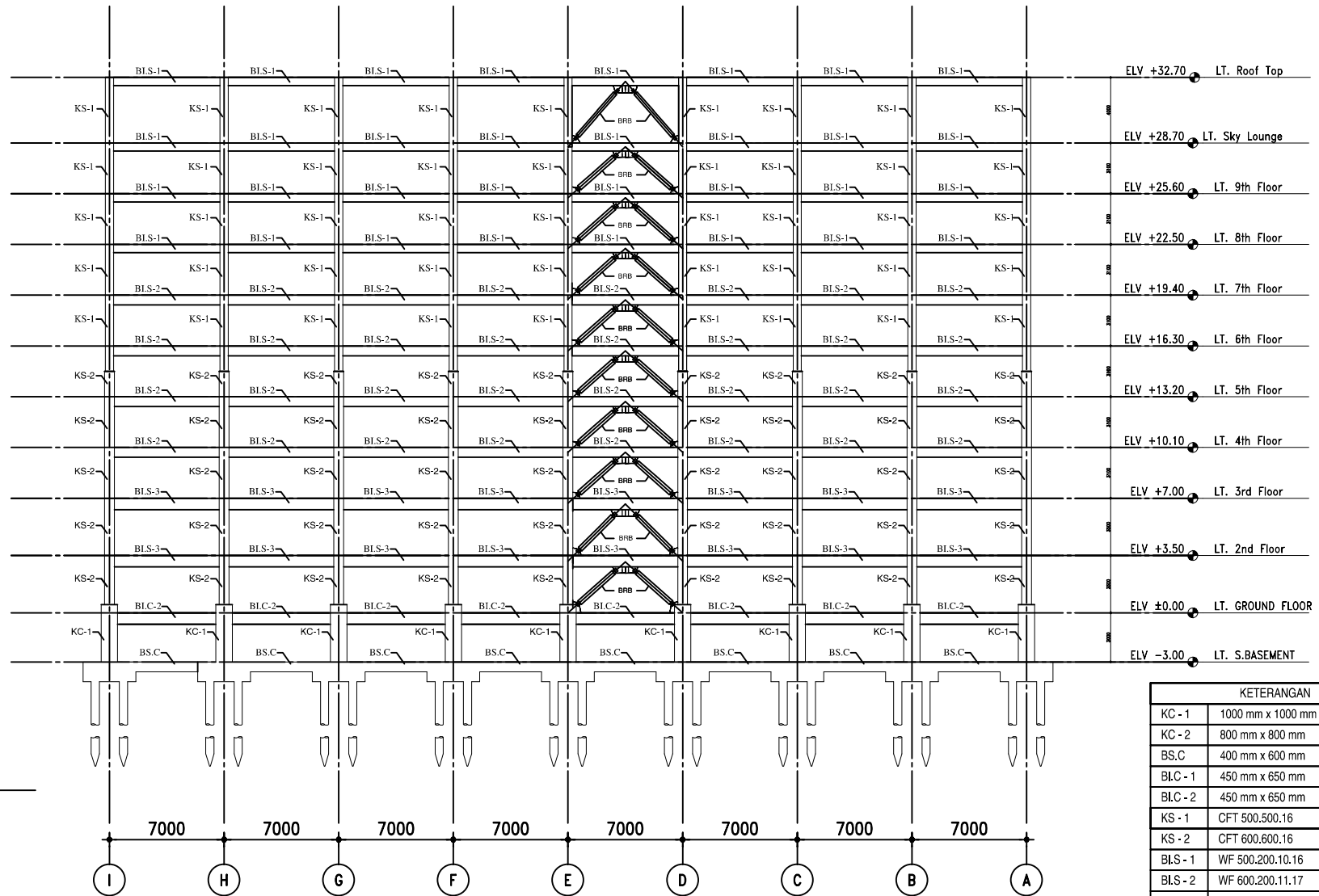


TIPE PC-2
SKALA
1 : 150




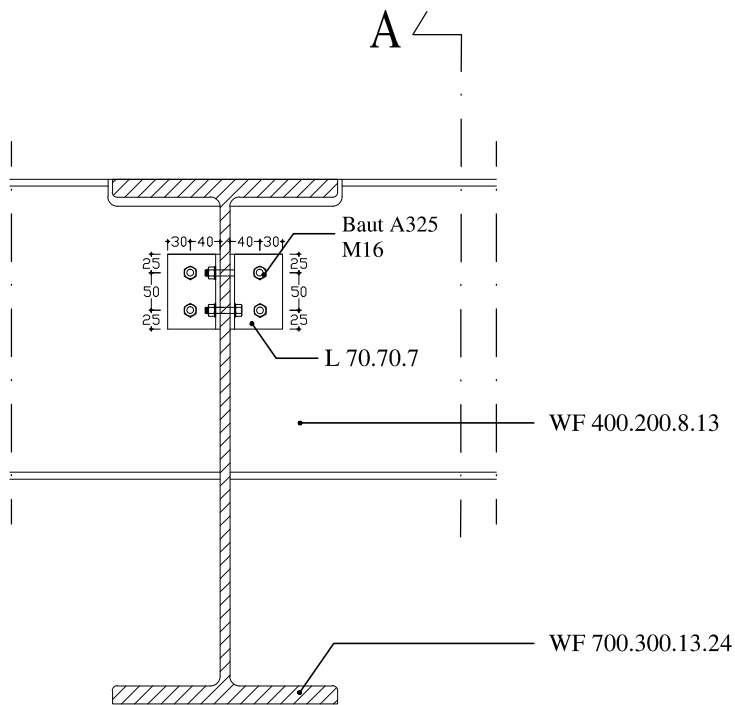
TIPE PC-3
SKALA
1 : 150

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BRUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH PONDASI	1 : 350	RACHEL ANGE LINE RAHAYU NRP. 3115205002	BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	09	36



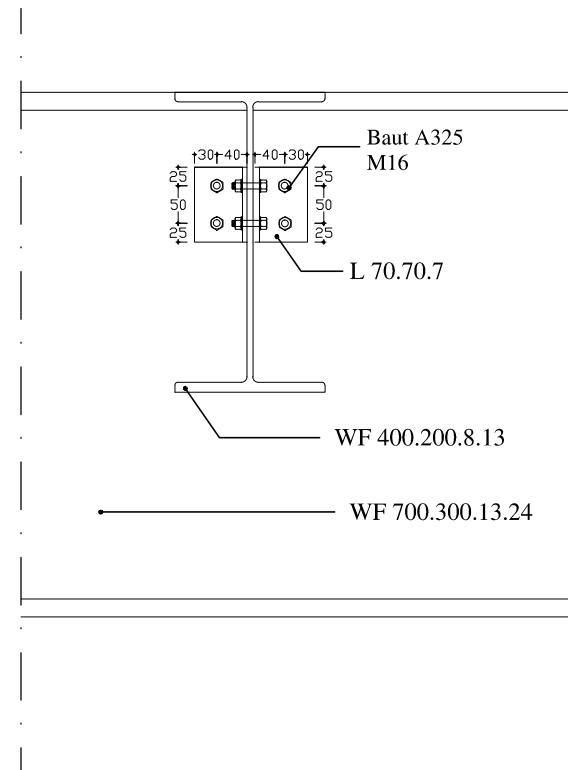
KETERANGAN	
KC - 1	1000 mm x 1000 mm
KC - 2	800 mm x 800 mm
BS.C	400 mm x 600 mm
BLC - 1	450 mm x 650 mm
BLC - 2	450 mm x 650 mm
KS - 1	CFT 500.500.16
KS - 2	CFT 600.600.16
BLS - 1	WF 500.200.10.16
BLS - 2	WF 600.200.11.17
BLS - 3	WS 700.300.13.24
BA.S - 1	WS 300.200.8.12
BA.S - 2	WS 400.200.8.13
BA.S - 3	WS 450.200.9.14
BRB	SC 150.150.15

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BRUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	RENCANA POTONGAN B-B	1 : 350	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	11	36




**SAMBUNGAN BALOK ANAK
DENGAN BALOK INDUK**

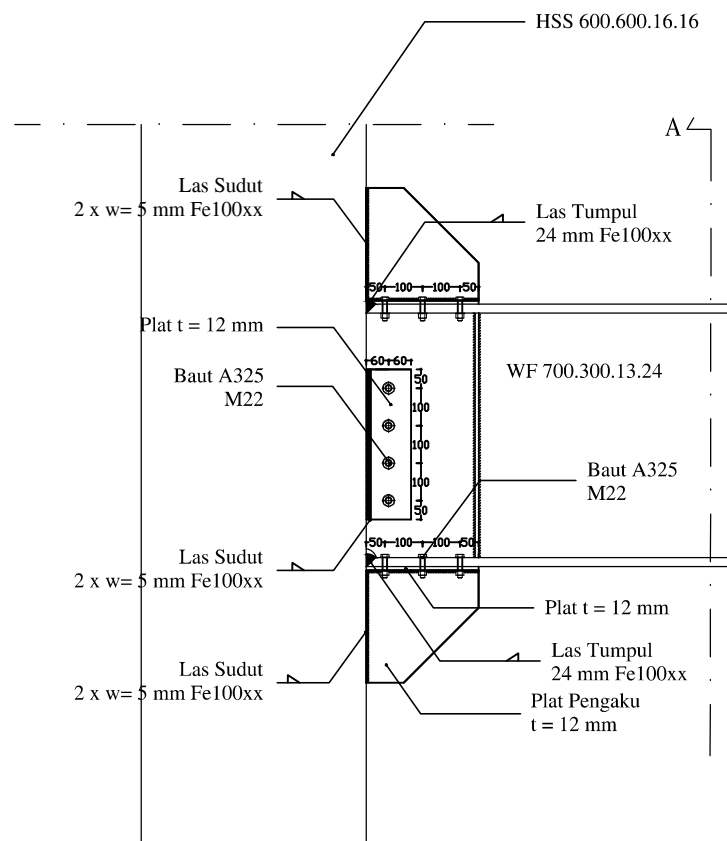
SKALA 1 : 10



POTONGAN A

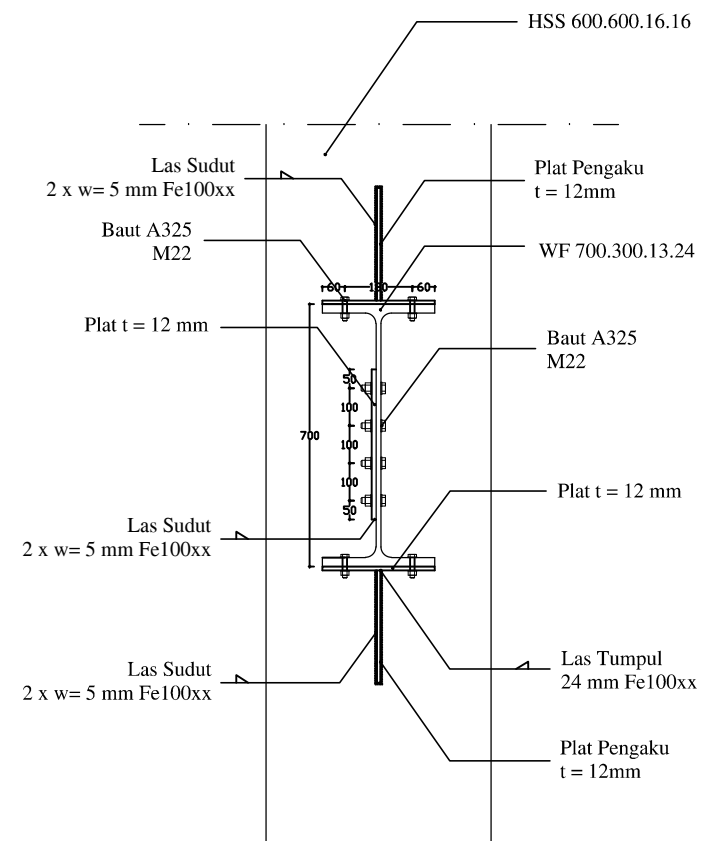
SKALA 1 : 10

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	SAMBUNGAN BALOK ANAK DENGAN BALOK INDUK POTONGAN A	1 : 10 1 : 10	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	12	36




**SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN KOLOM UTAMA**

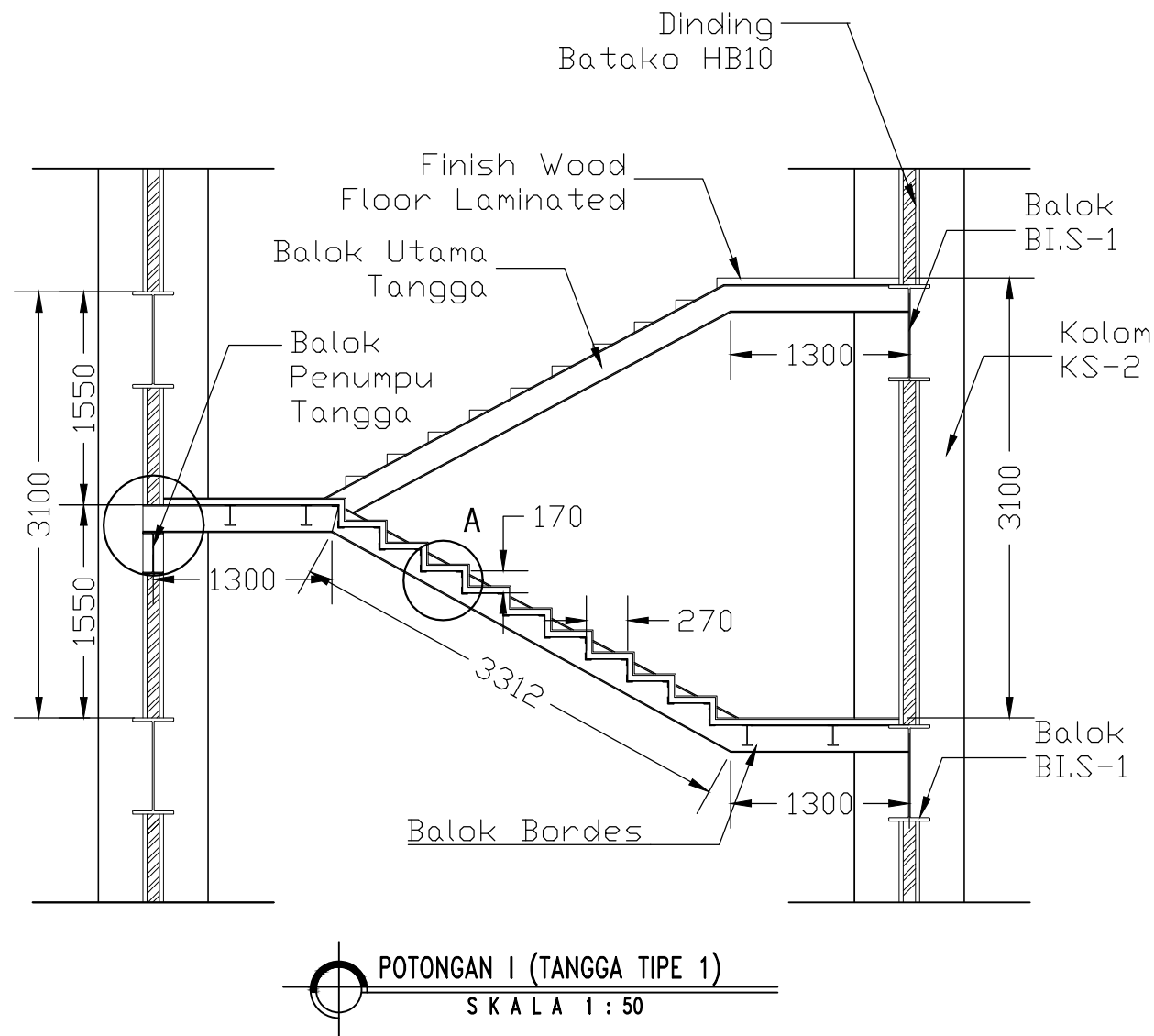
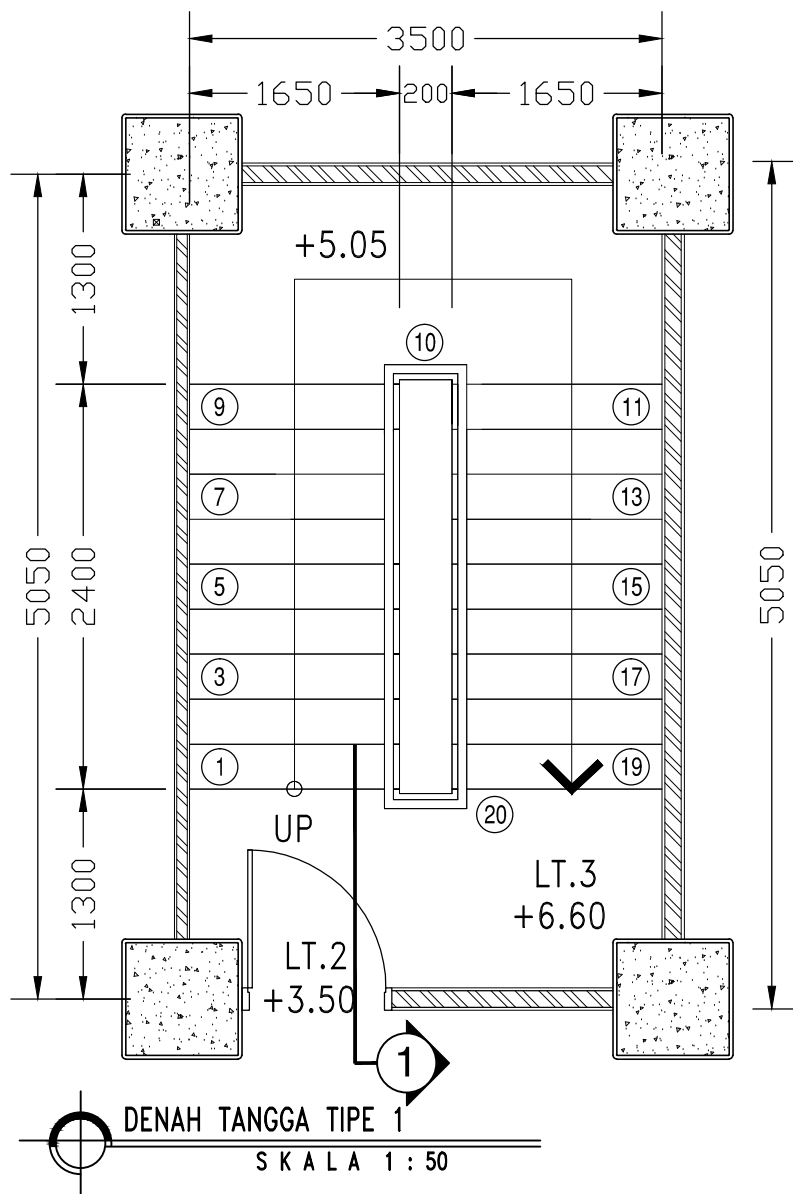
SKALA 1 : 20




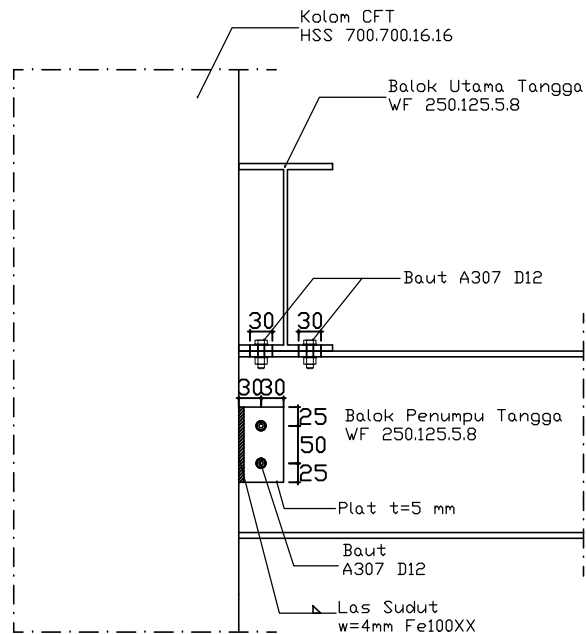
POTONGAN A

SKALA 1 : 20

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM UTAMA POTONGAN A	1 : 20 1 : 20	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	13	36

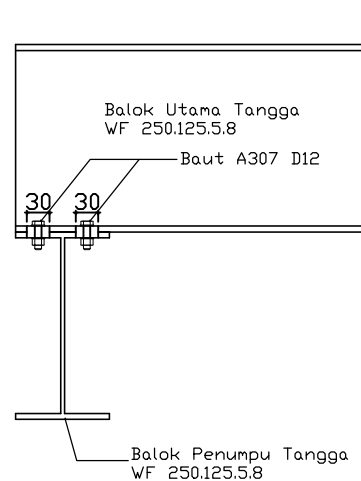


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH TANGGA TIPE 1 POTONGAN I (TANGGA TIPE 1)	1 : 50 1 : 50	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	14	36



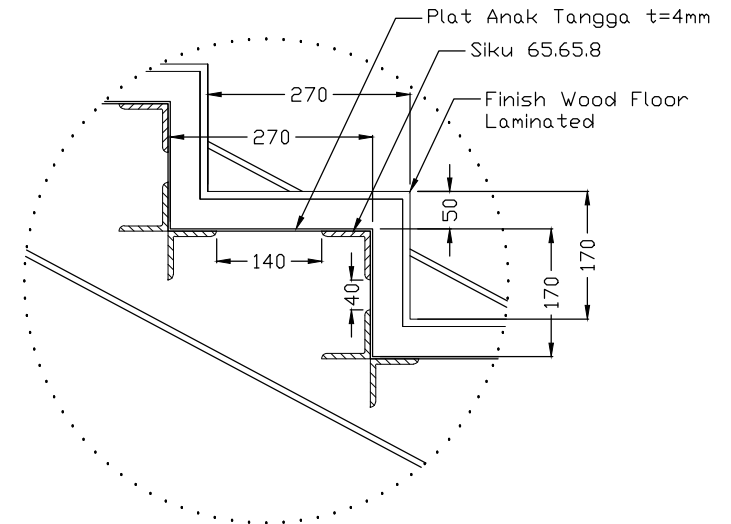
**SAMBUNGAN BALOK PENUMPU
TANGGA DENGAN KOLOM**

SKALA 1 : 5




**SAMBUNGAN BALOK UTAMA TANGGA
DENGAN BALOK PENUMPU TANGGA**

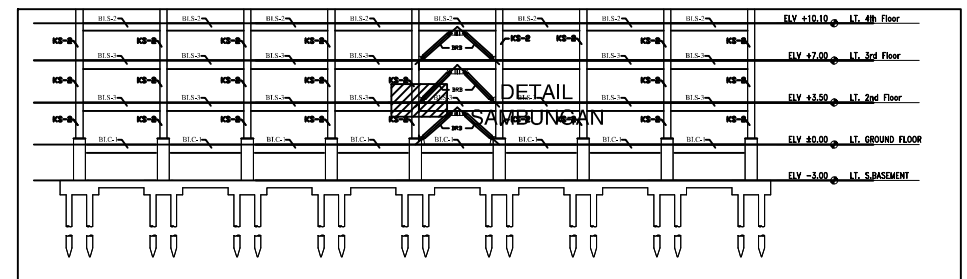
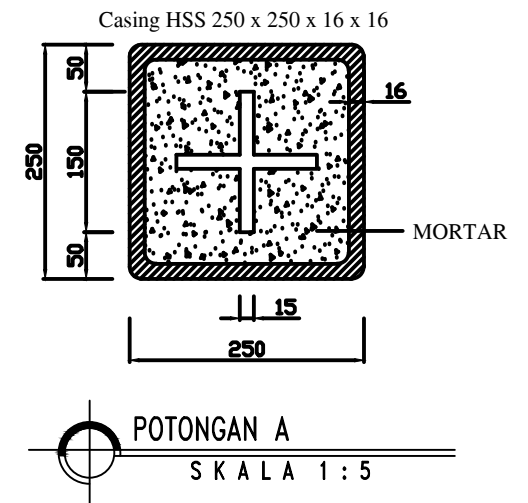
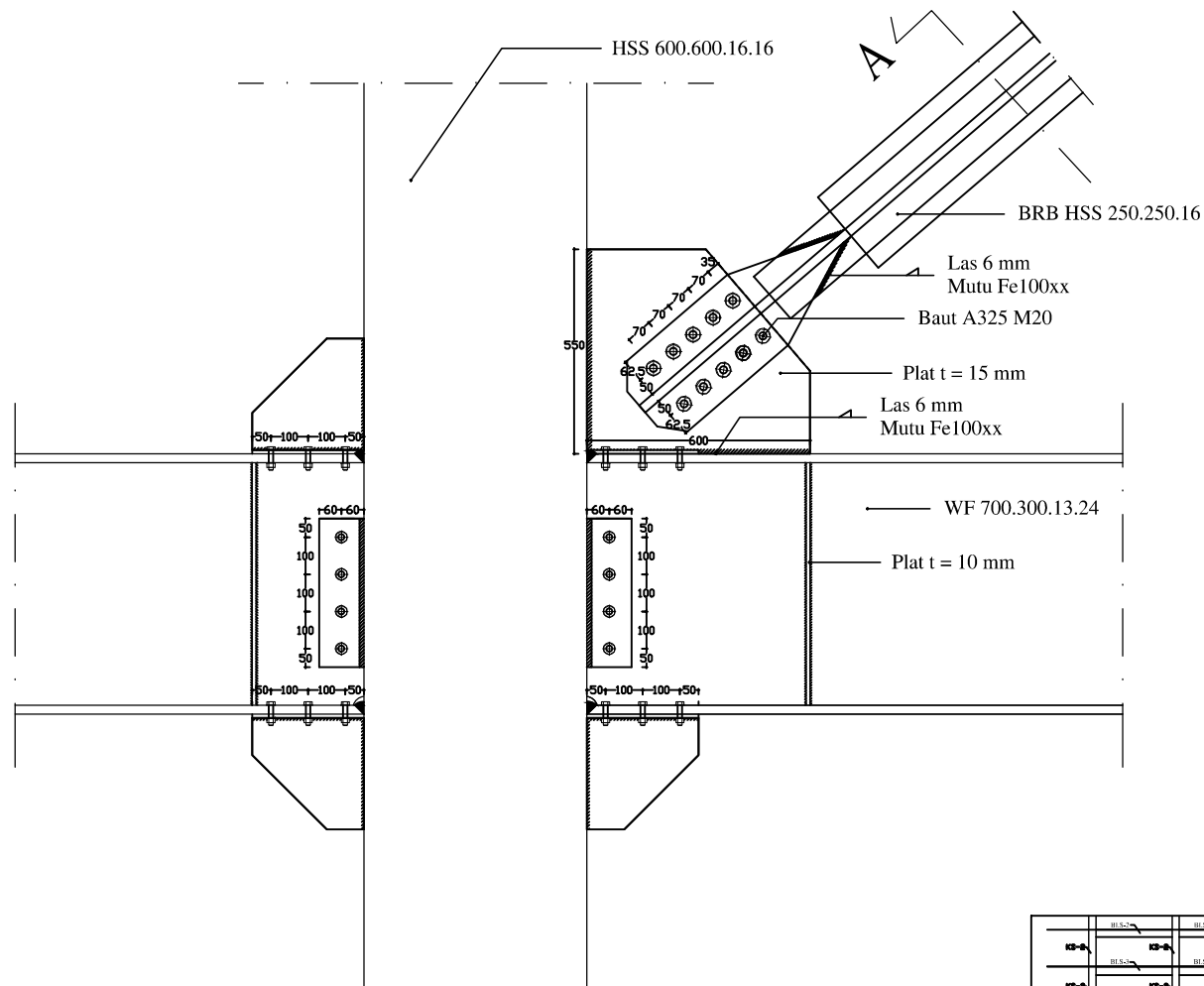
SKALA 1 : 5



DETAIL A


SKALA 1 : 5

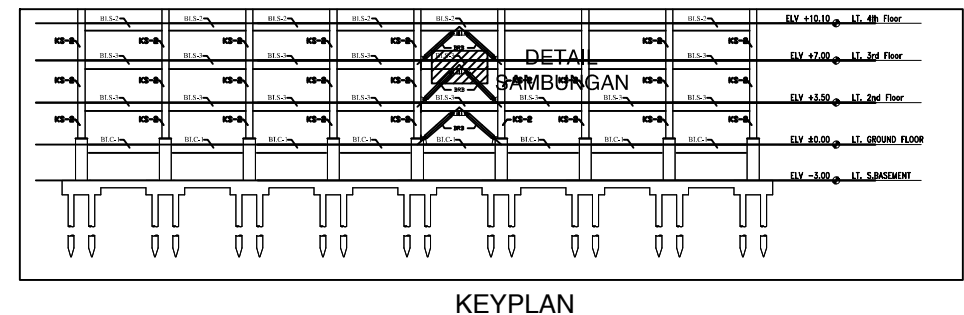
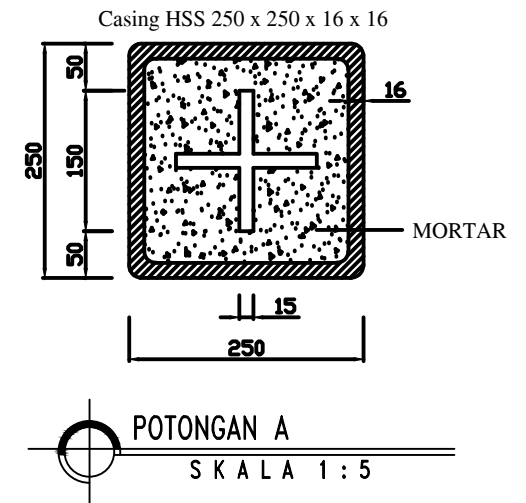
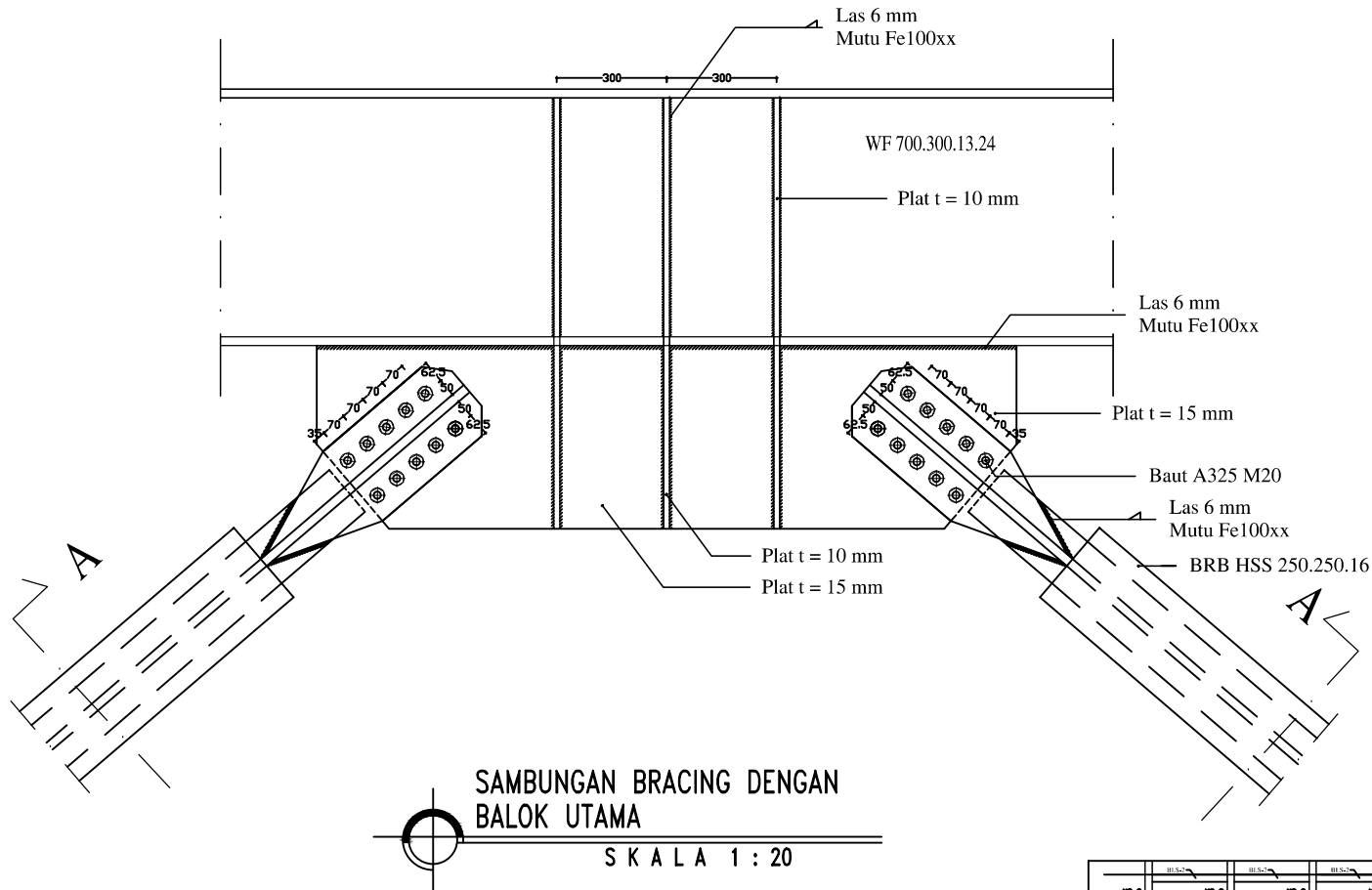
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	SAMBUNGAN BALOK PENUMPU TANGGA DENGAN KOLOM SAMBUNGAN BALOK UTAMA TANGGA DENGAN BALOK PENUMPU TANGGA DETAIL A	1 : 5 1 : 5 1 : 5	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	15	36




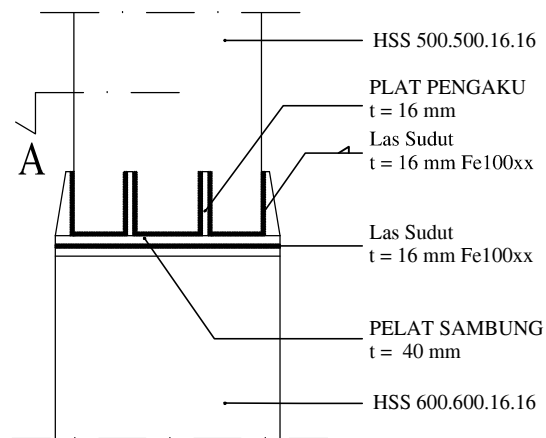
SAMBUNGAN BRACING DENGAN KOLOM UTAMA
SKALA 1 : 20

KEYPLAN

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BRACING RESTRAINED BRACED FRAMES	SAMBUNGAN BRACING DENGAN KOLOM UTAMA POTONGAN A	1 : 20 1 : 5	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	16	36

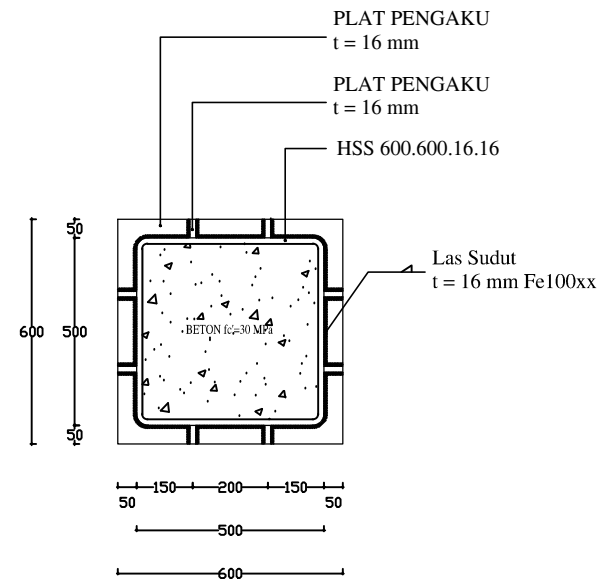


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	SAMBUNGAN BRACING DENGAN BALOK UTAMA POTONGAN A	1 : 20 1 : 5	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> <small>NRP. 3115205002</small>	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> <small>NIP. 197301281998021002</small> <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> <small>NIP. 195709191976031001</small>		STR	17	36




**SAMBUNGAN KOLOM KS-1
DENGAN KOLOM KS-2**

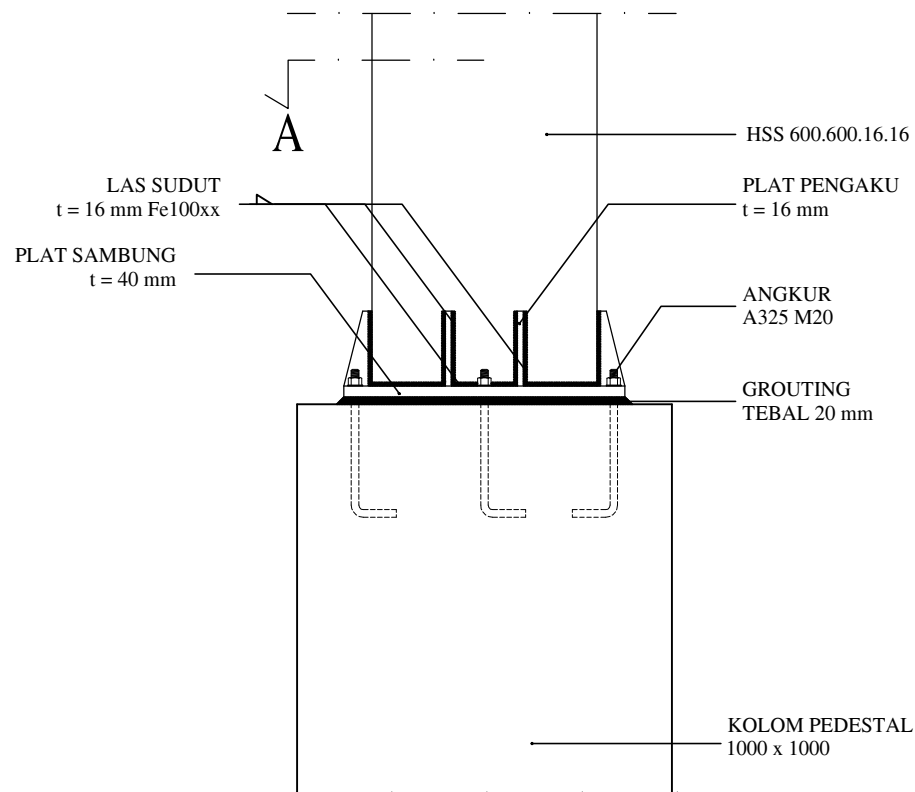
SKALA 1 : 20



POTONGAN A

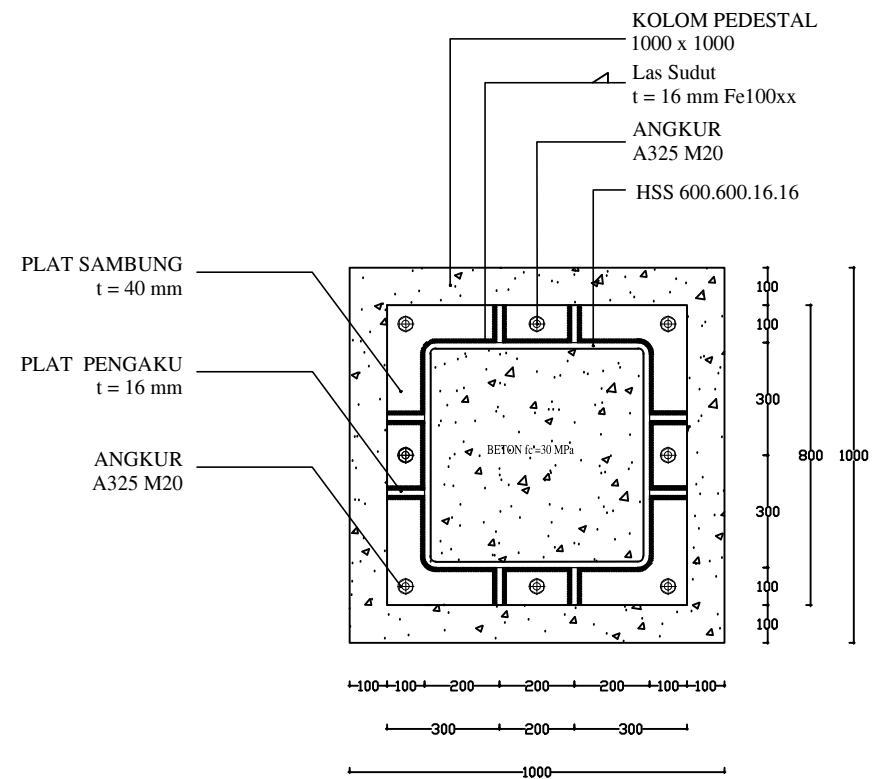
SKALA 1 : 20

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	SAMBUNGAN KOLOM KS-1 DENGAN KOLOM KS-2 POTONGAN A	1 : 20 1 : 20	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	18	36




**SAMBUNGAN KOLOM KS-1
DENGAN BASE PLATE**

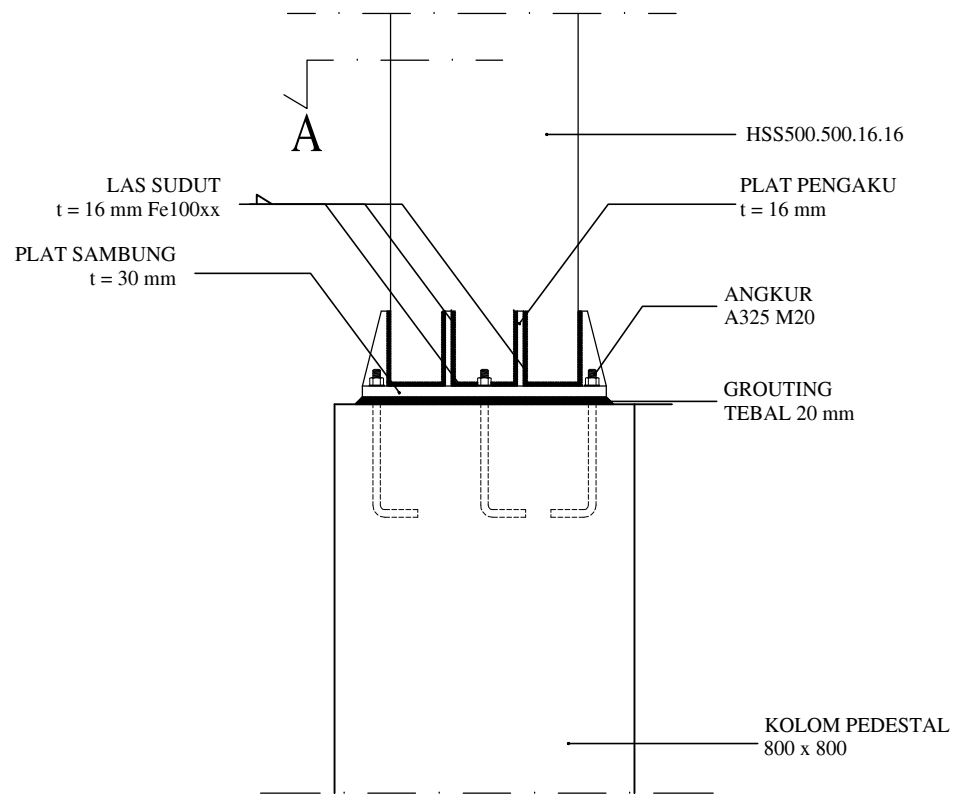
SKALA 1 : 20



POTONGAN A

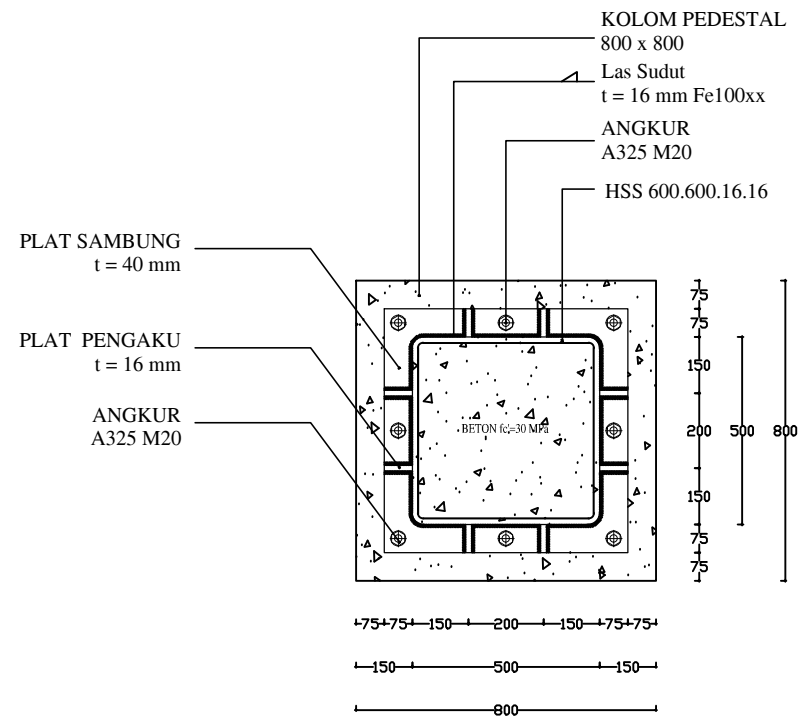
SKALA 1 : 20

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	SAMBUNGAN KOLOM KS-1 DENGAN BASE PLATE POTONGAN A	1 : 20 1 : 20	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	19	36




**SAMBUNGAN KOLOM KS-2
DENGAN BASE PLATE**

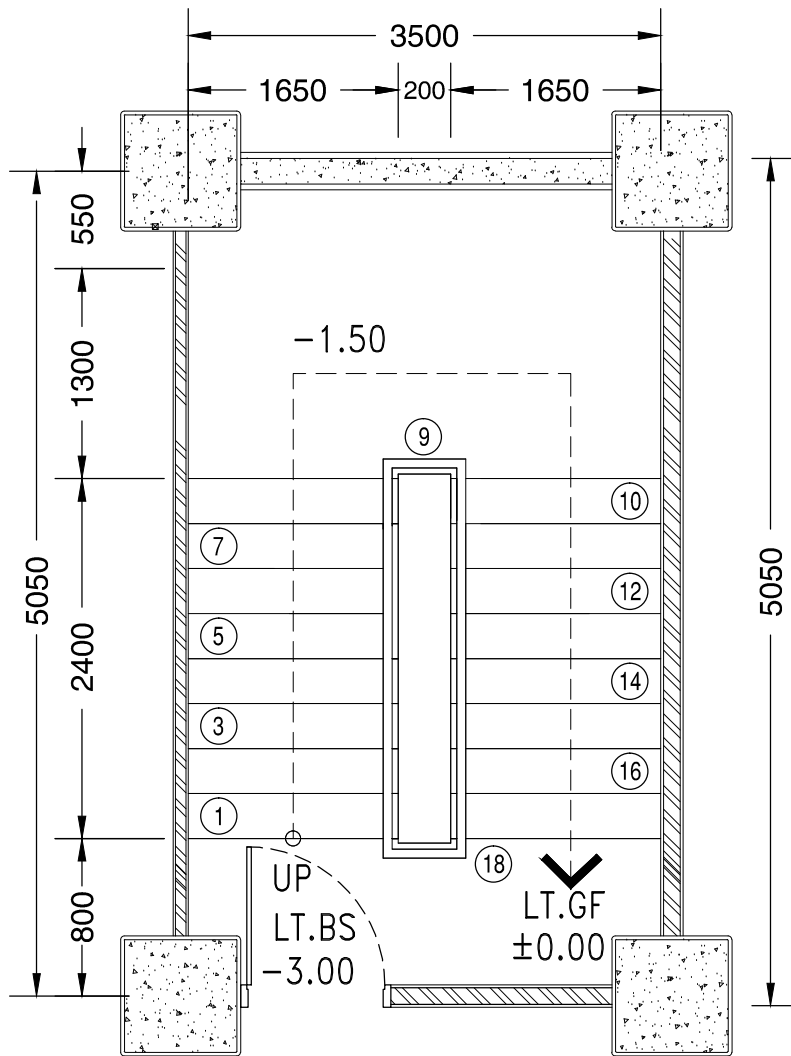
SKALA 1 : 20



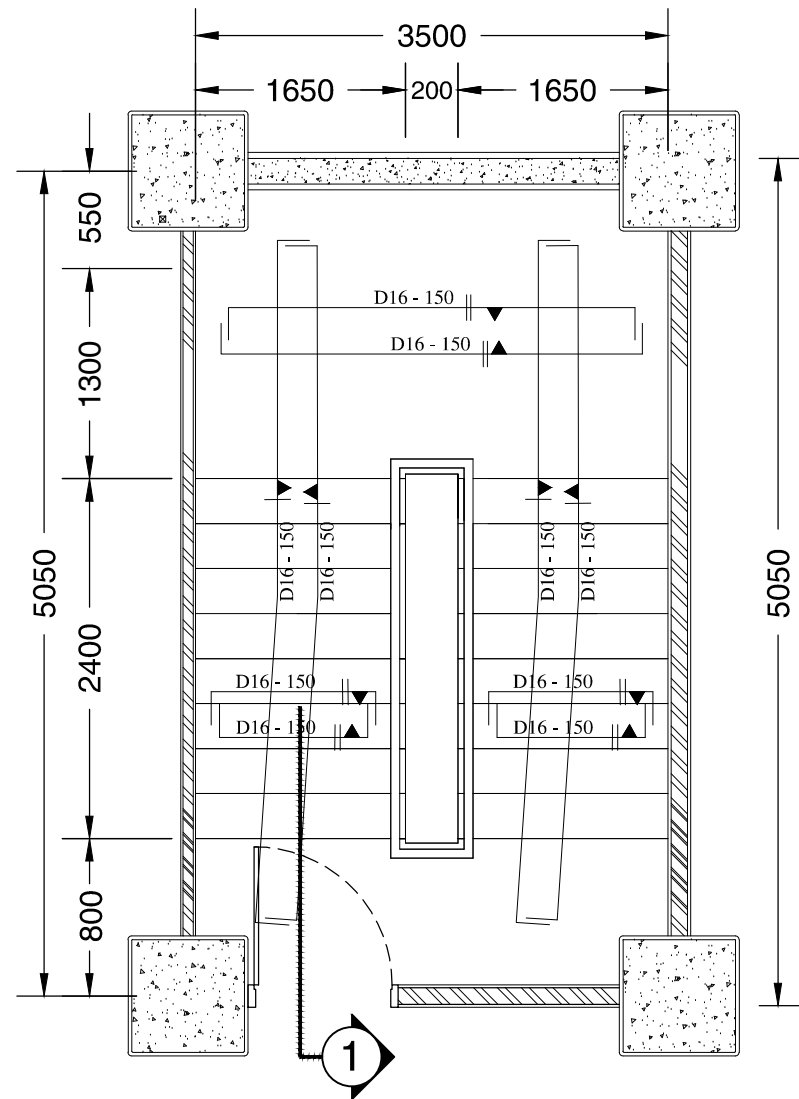
POTONGAN A

SKALA 1 : 20


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	SAMBUNGAN KOLOM KS-2 DENGAN BASE PLATE POTONGAN A	1 : 20 1 : 20	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	20	36

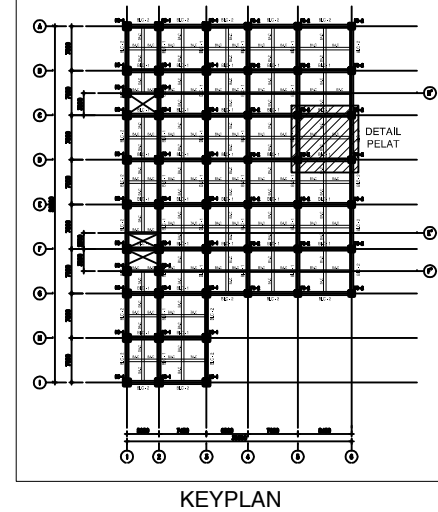
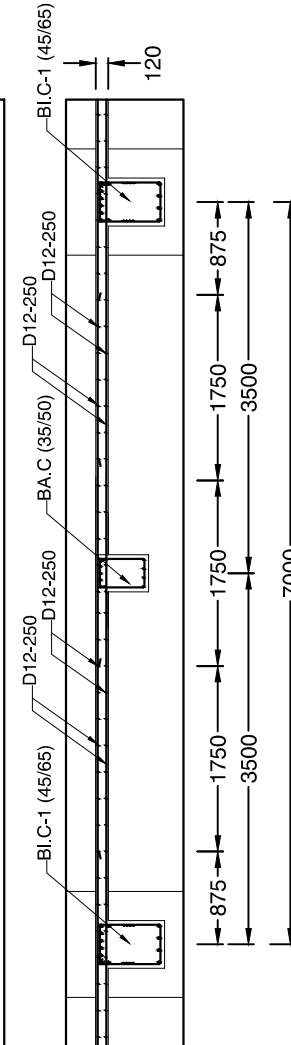
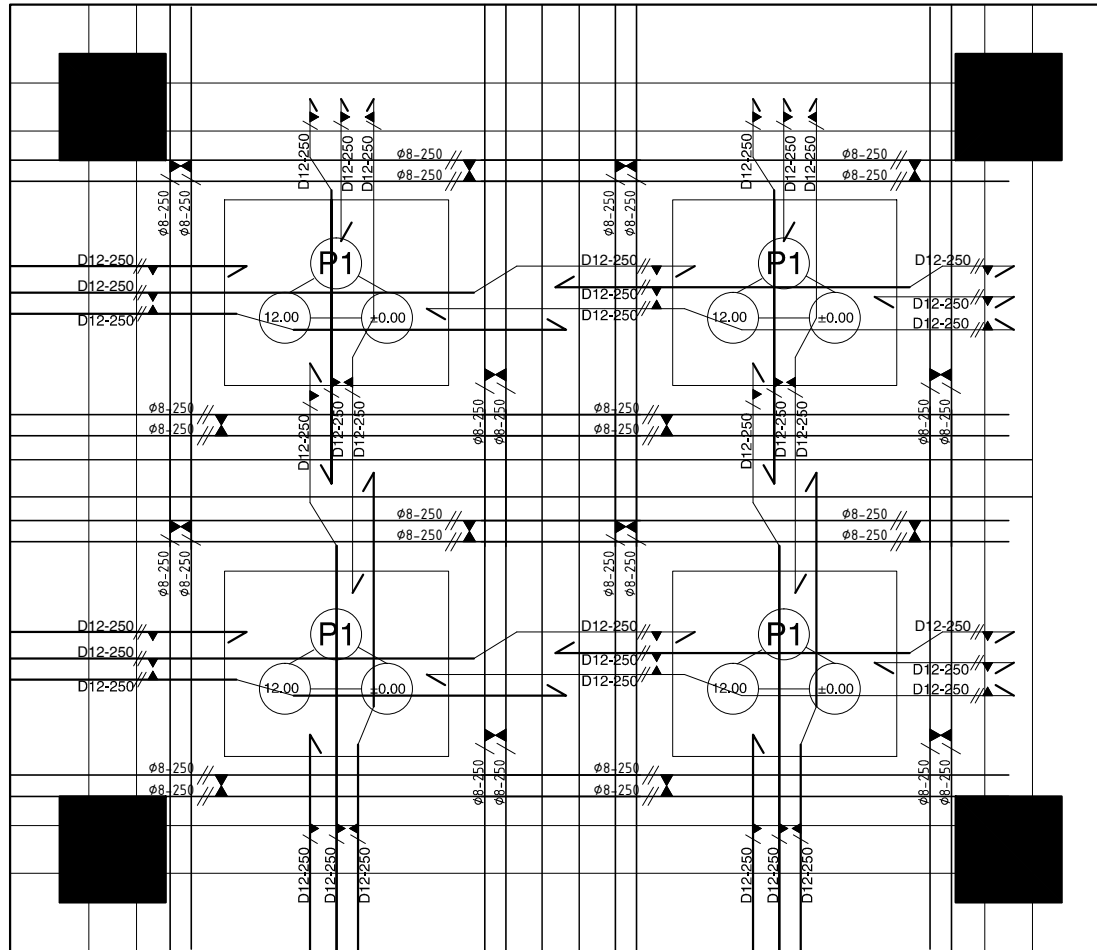
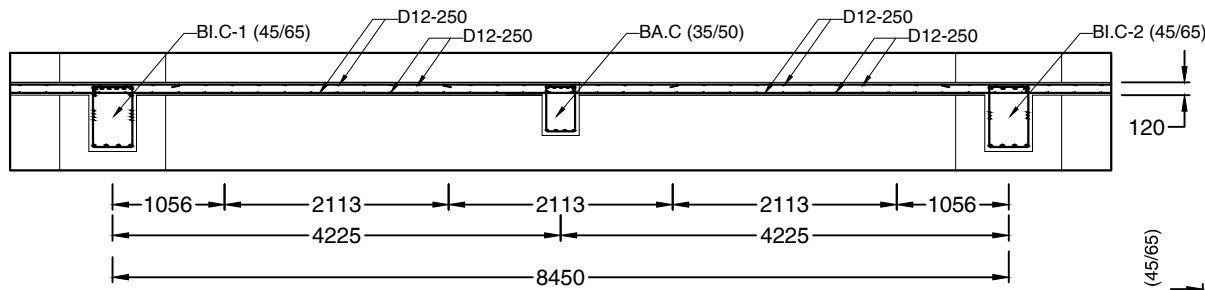


DENAH TANGGA TIPE 2
SKALA 1 : 50




DENAH STRUKTUR TANGGA TIPE 2
SKALA 1 : 50

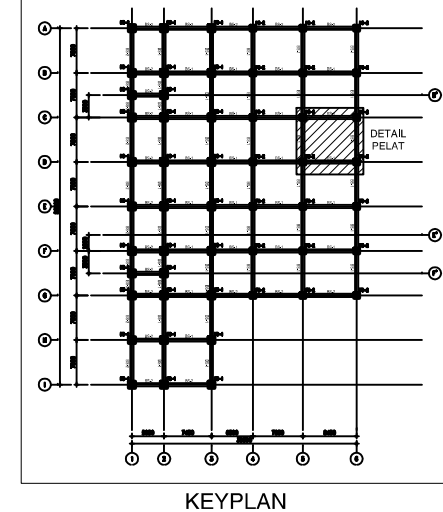
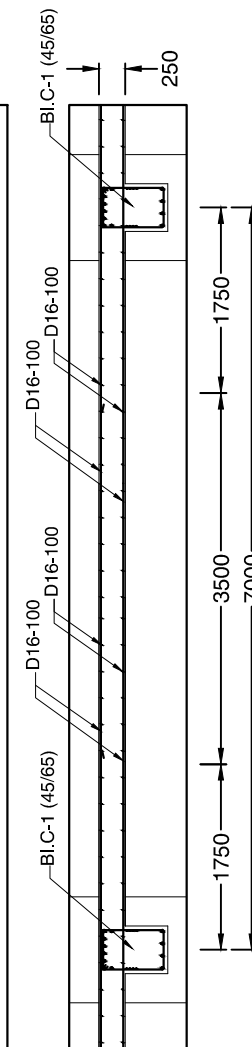
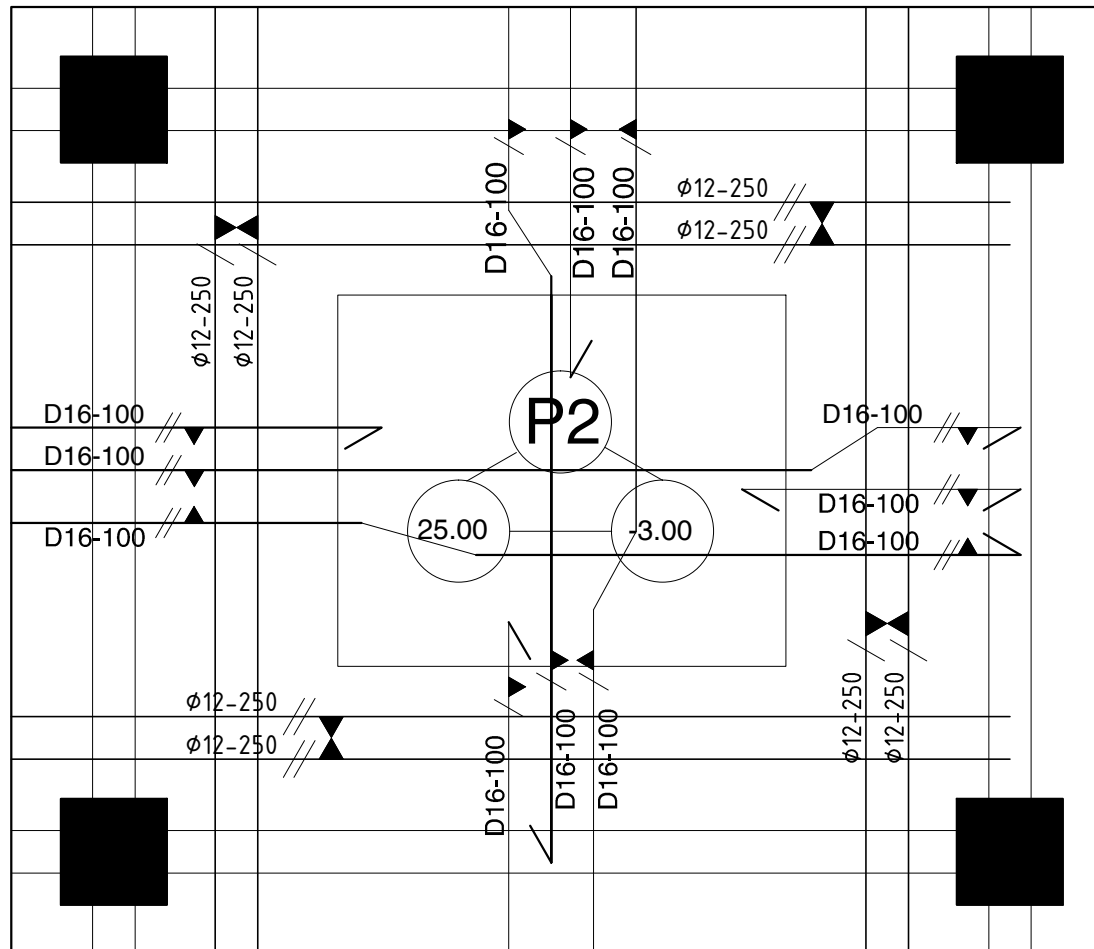
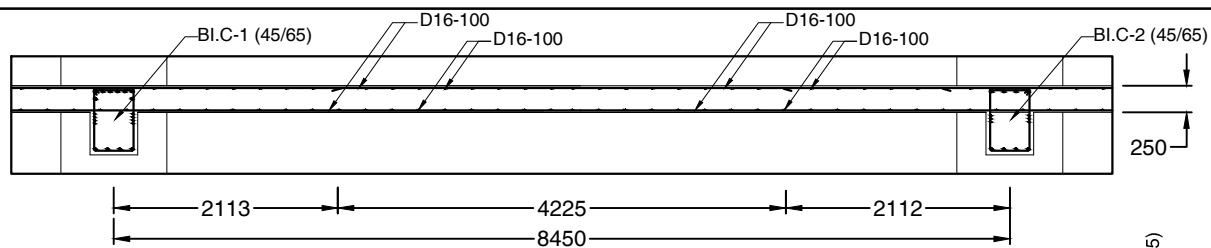
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DENAH TANGGA TIPE 2 DENAH STRUKTUR TANGGA TIPE 2	1 : 50 1 : 50	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	21	36



DETAIL PENULANGAN PELAT LT. GF (±0.00)


Skala 1 : 50

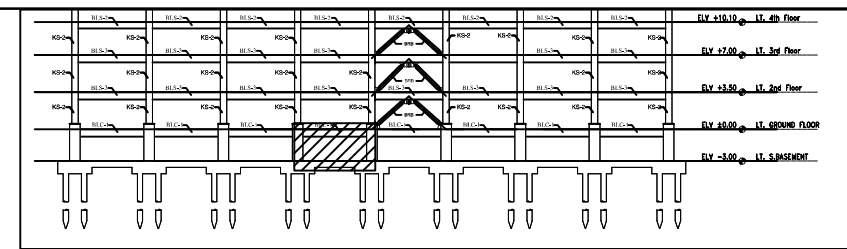
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <p>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</p>	<p>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES</p>	<p>DETAIL PENULANGAN PLAT LT. GF</p>	<p>1 : 50</p>	<p>RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002</p>	<p>DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001</p>		STR	23	36



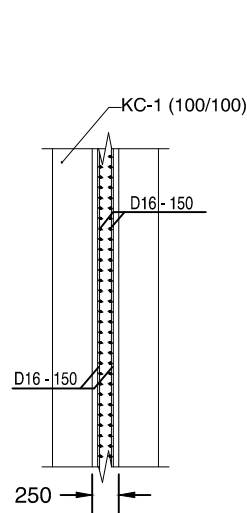
DETAIL PENULANGAN PELAT LT. BASEMENT (-3.00)

Skala 1 : 50

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	D/GAMBAR MAHASISWA :	D/PERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DETAIL PENULANGAN PLAT LT. BASEMENT	1 : 50	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	24	36

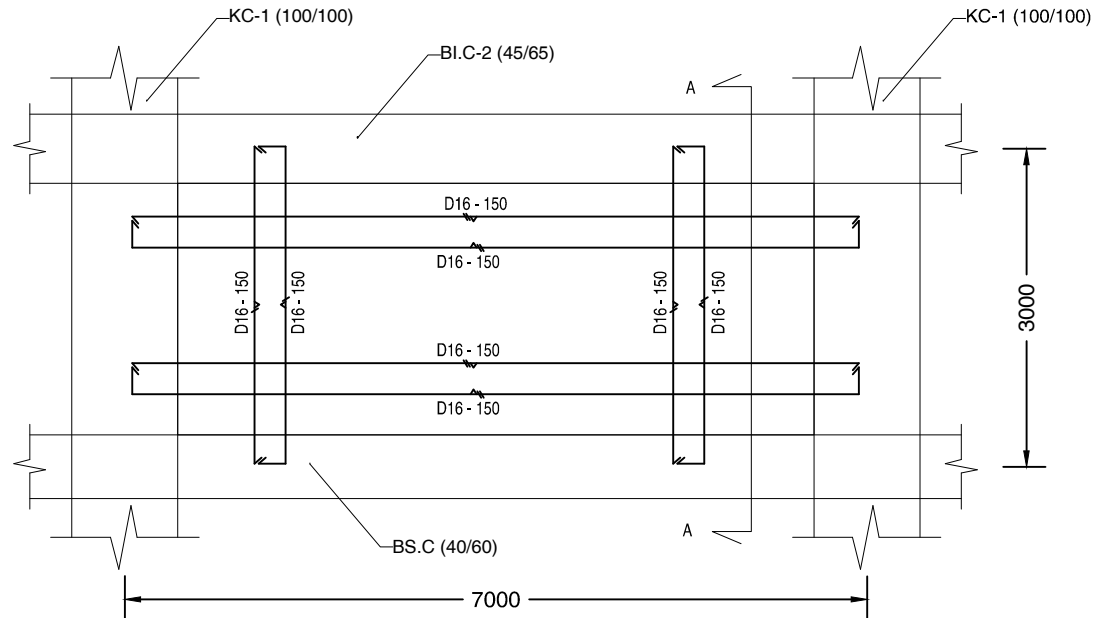


KEYPLAN




POTONGAN A-A

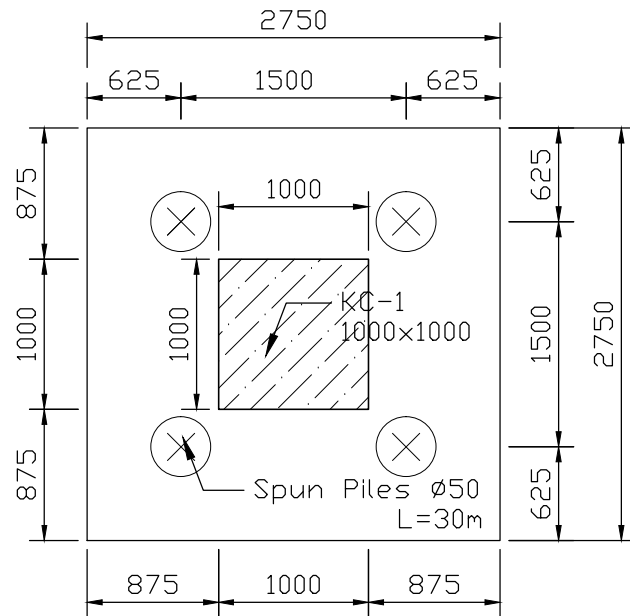
Skala 1 : 50



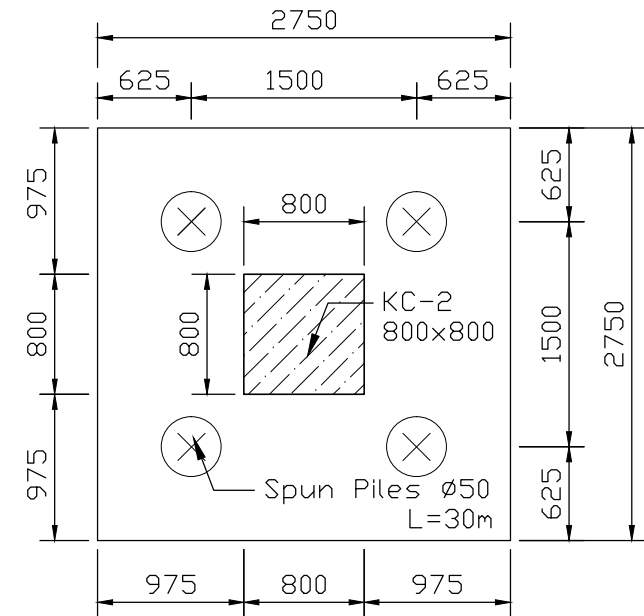
DETAIL PENULANGAN DINDING BASEMENT

Skala 1 : 50


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	D/GAMBAR MAHASISWA :	D/PERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	DETAIL PENULANGAN DINDING BASEMENT	1 : 50	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	25	36

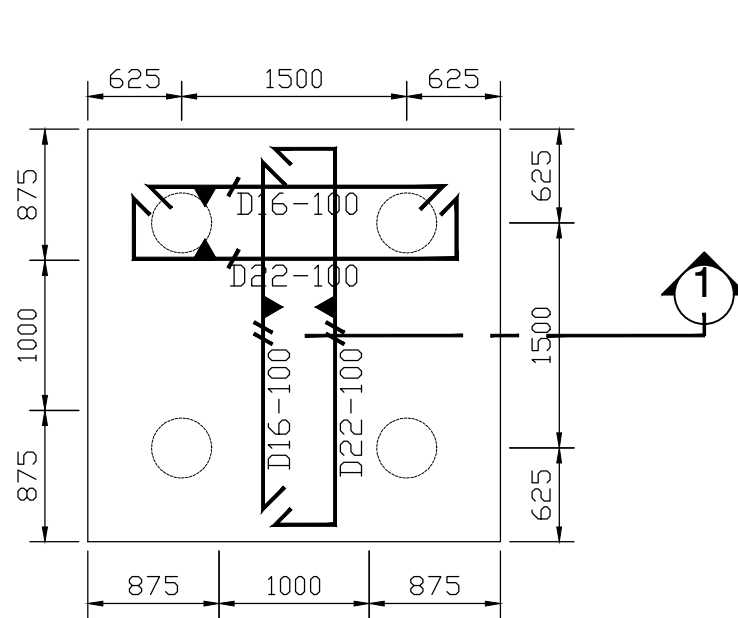


 **DETAIL PONDASI TIPE PC-1A**
SKALA 1:50

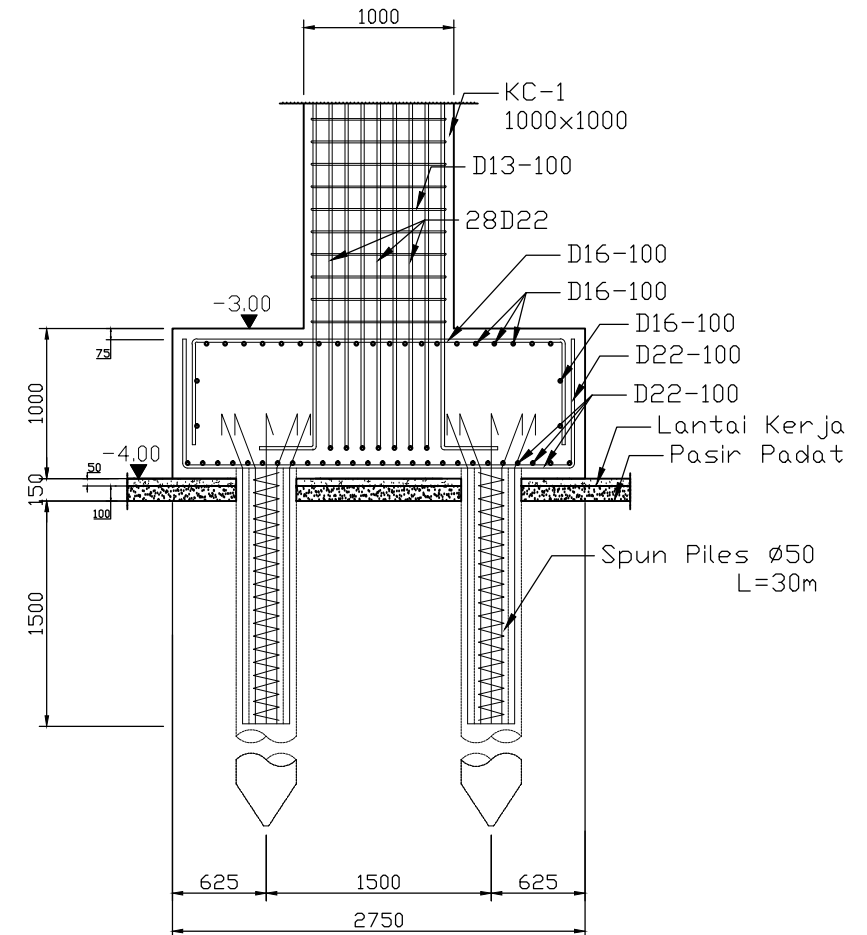


 **DETAIL PONDASI TIPE PC-1B**
SKALA 1:50


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	DETAIL PONDASI TIPE PC-1A DETAIL PONDASI TIPE PC-1B	1 : 50 1 : 50	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	26	36

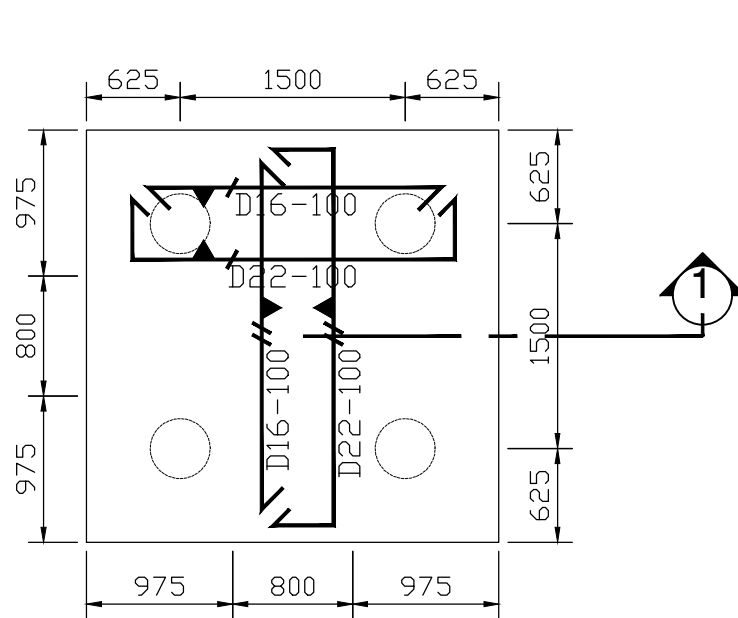


DETAIL PENULANGAN PC 1-A
SKALA 1:50

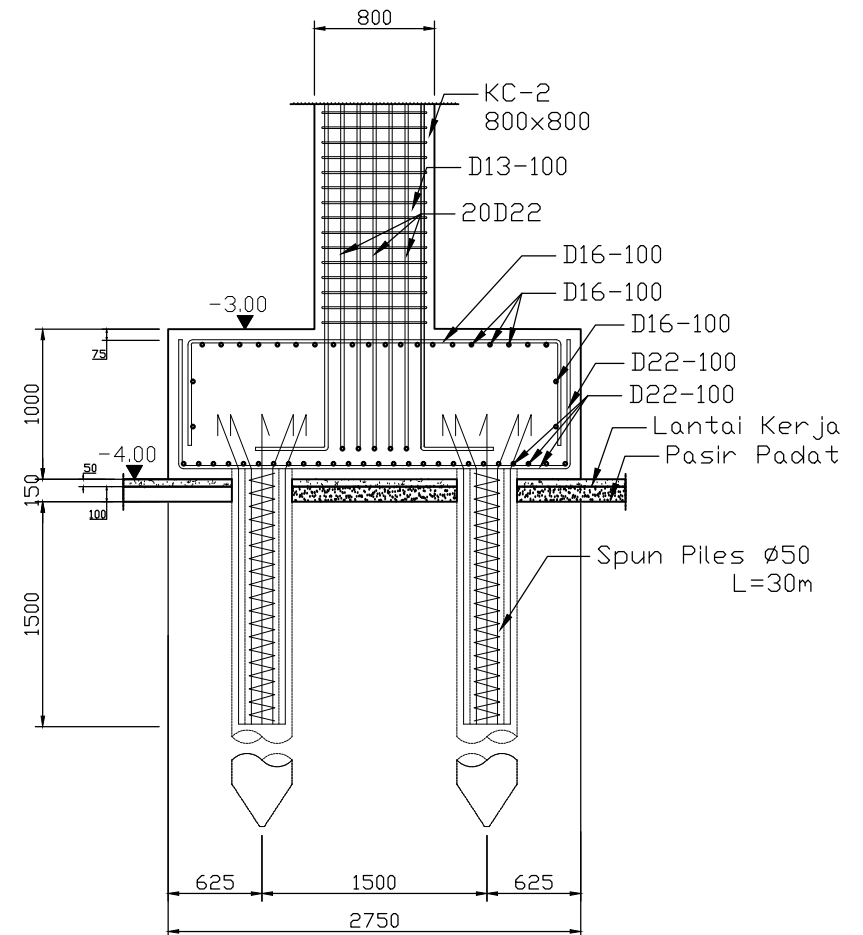


POTONGAN 1
SKALA 1:50


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE PC-1A POTONGAN 1	1 : 50 1 : 50	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	27	36

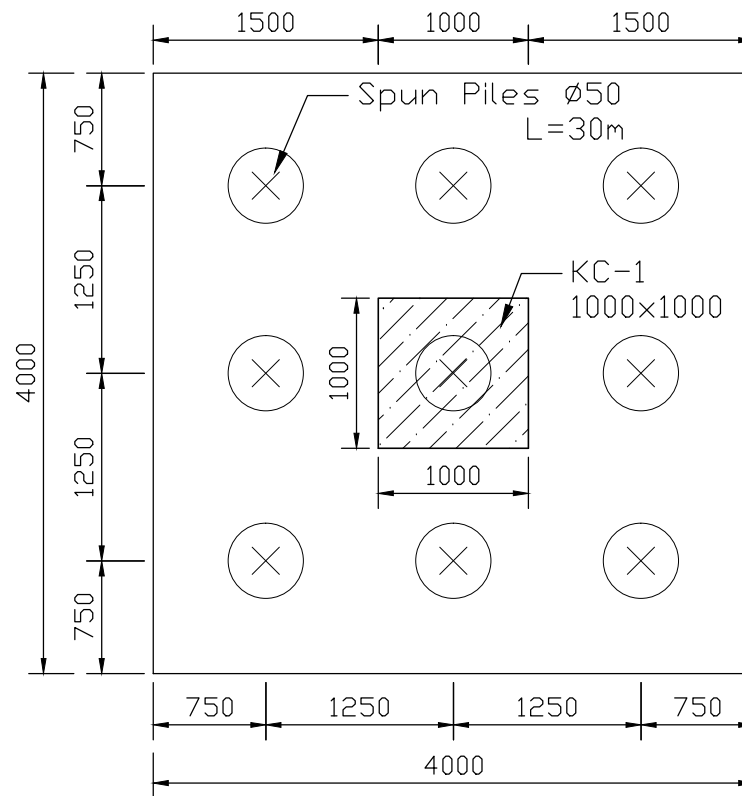


DETAIL PENULANGAN PC 1-B
SKALA 1:50




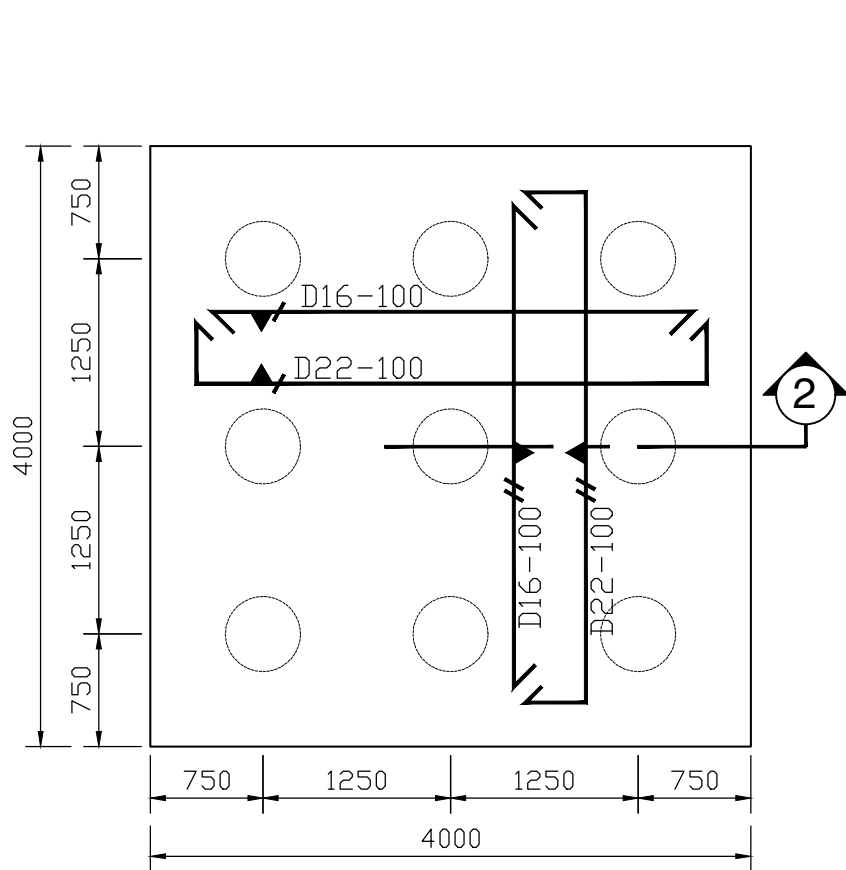
POTONGAN 1
SKALA 1:50

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	D/GAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE PC-1B POTONGAN 1	1 : 50 1 : 50	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	28	36

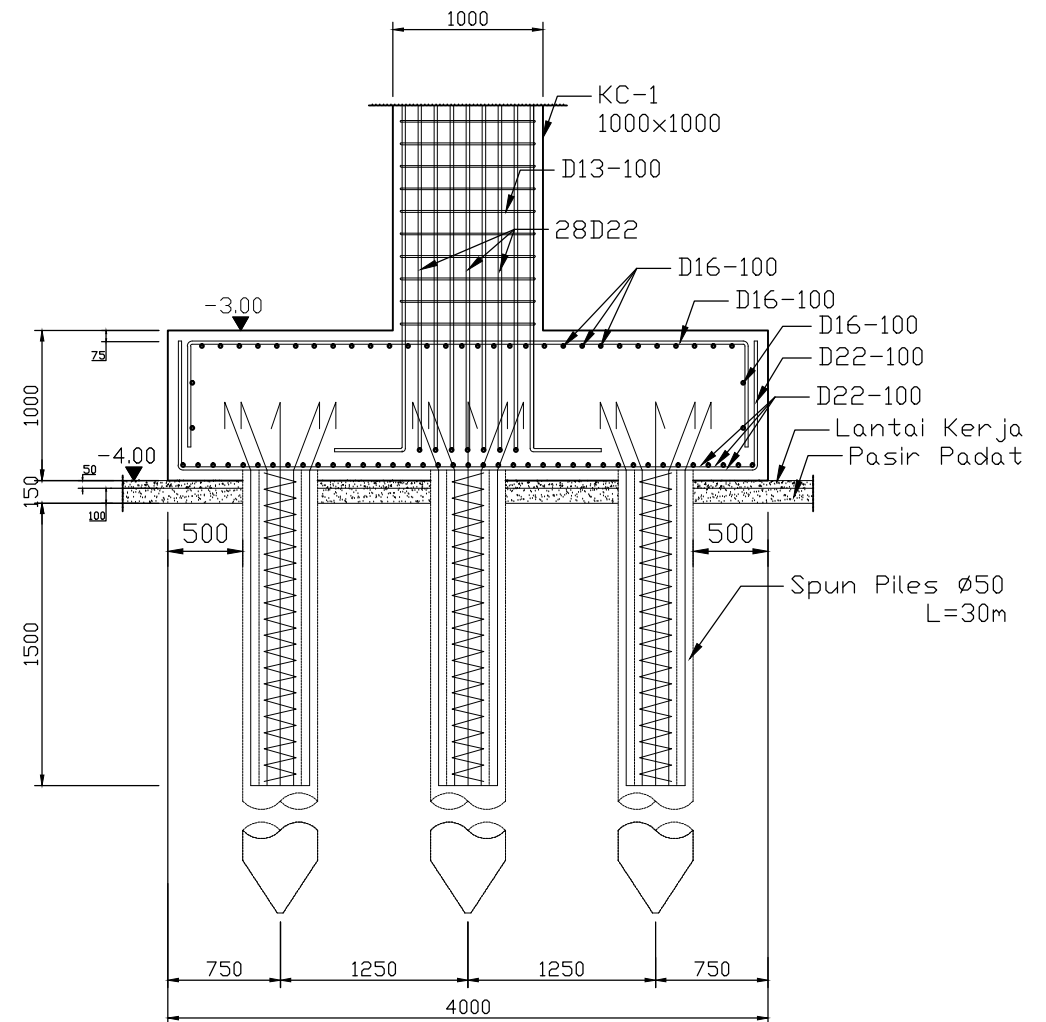



DETAIL PONDASI TIPE PC-2
 SKALA 1:50


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	DETAIL PONDASI TIPE PC-2	1 : 50	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	29	36

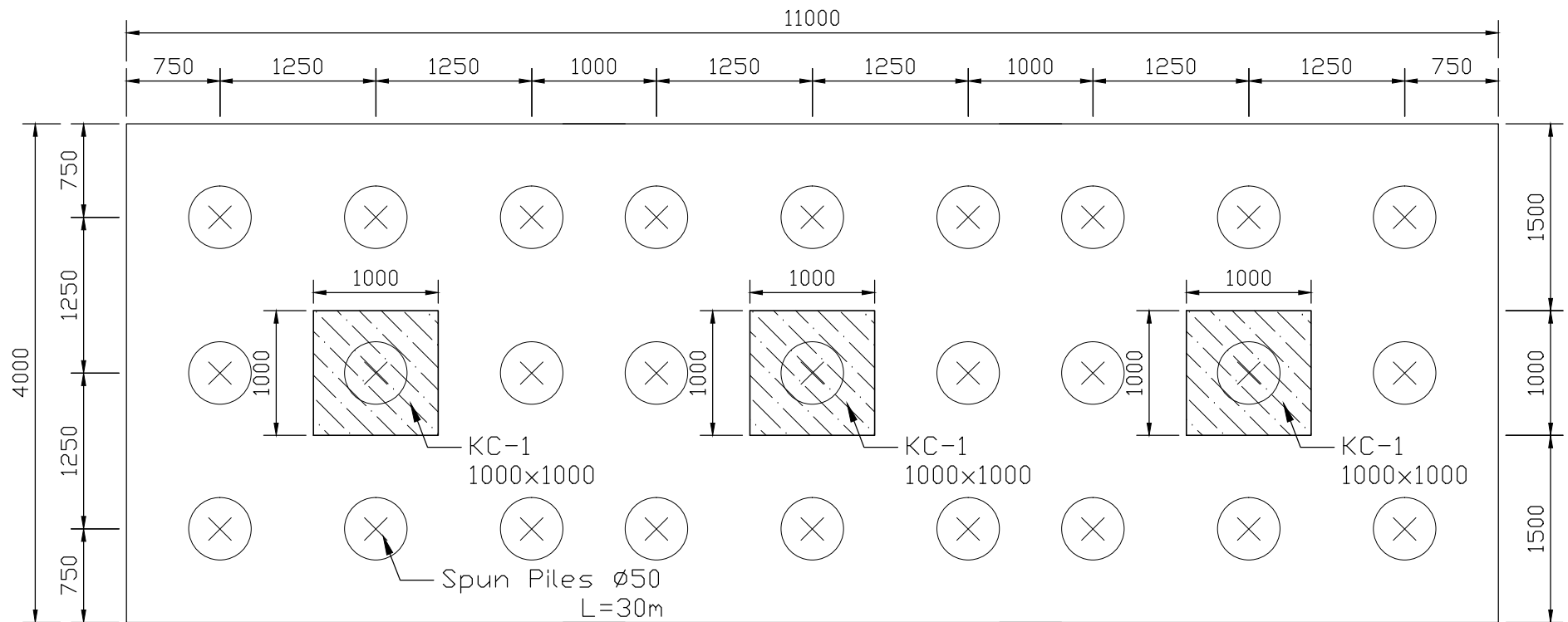


DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE PC-2
SKALA 1:50




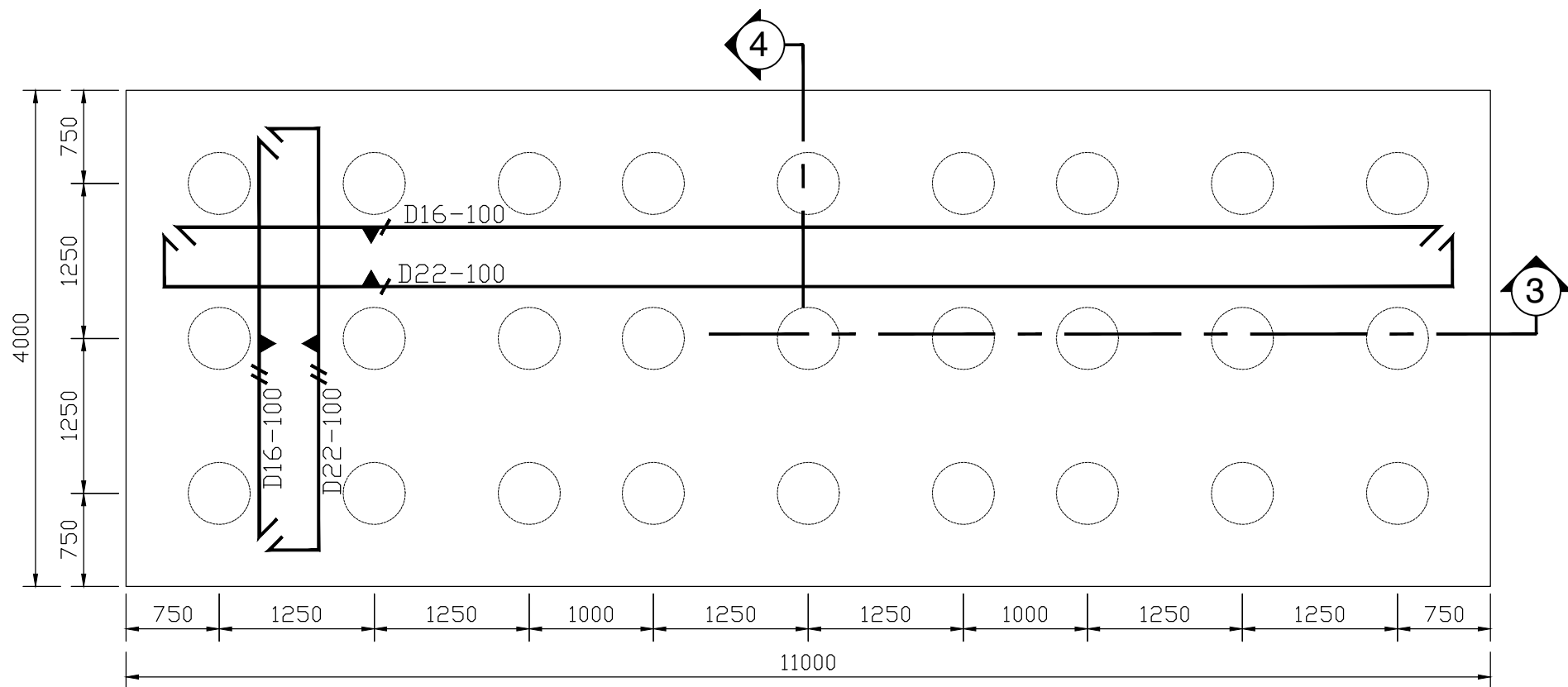
POTONGAN 2
SKALA 1:50

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE PC-2 POTONGAN 2	1 : 50 1 : 50	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	30	36




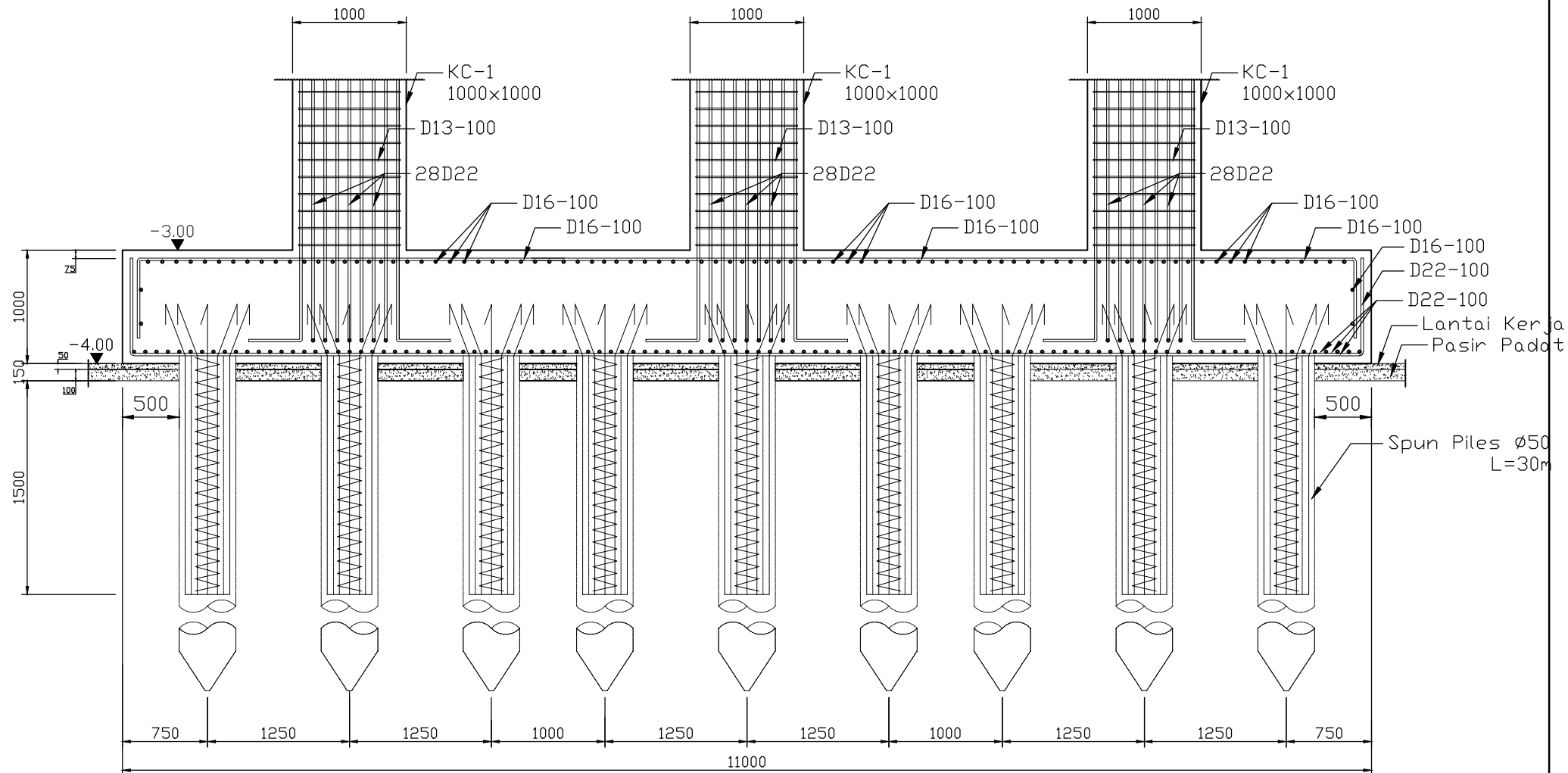

DETAIL PONDASI TIPE PC-3
 SKALA 1 : 50

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	DETAIL PONDASI TIPE PC-3	1 : 50	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	31	36




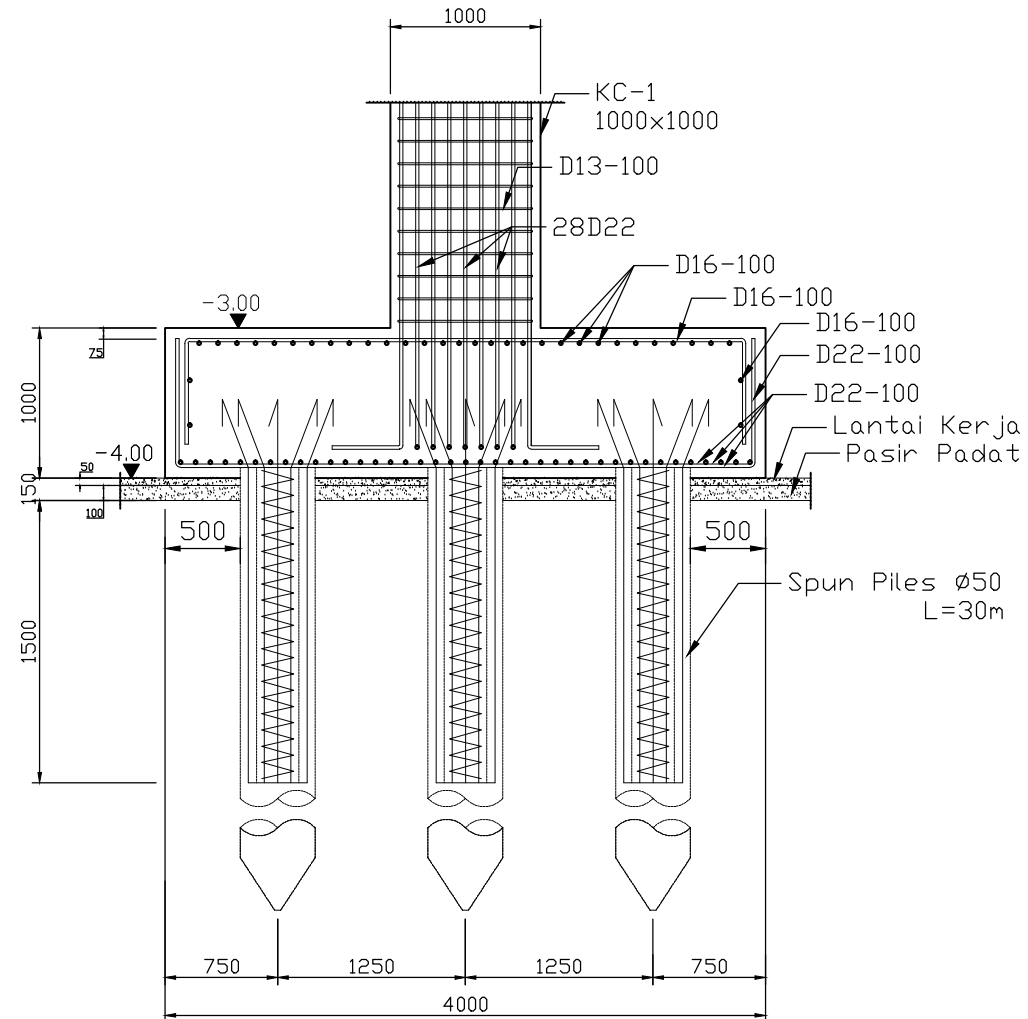

DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE PC-3
 SKALA 1:50

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	DETAIL PENULANGAN PONDASI TIPE PC-3	1 : 50	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	32	36





POTONGAN 3
 SKALA 1:50

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	D/GAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	POTONGAN 3	1 : 50	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	33	36

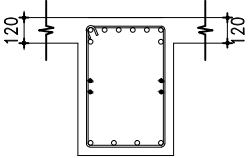
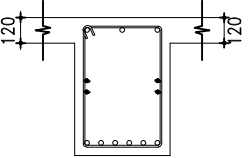
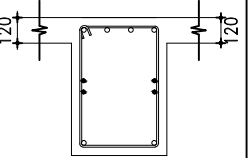
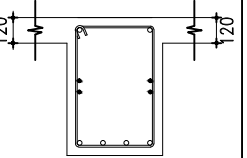
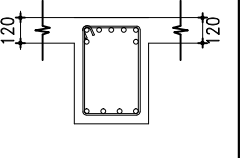
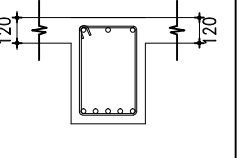


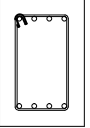
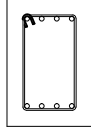

POTONGAN 4
 SKALA 1 : 50


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	POTONGAN 4	1 : 50	RACHEL ANGELINE RAHAYU NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D NIP. 197301281998021002 Ir. ISDARMANU, MSc NIP. 195709191976031001		STR	34	36

TABEL PENULANGAN BALOK

SKALA 1 : 25

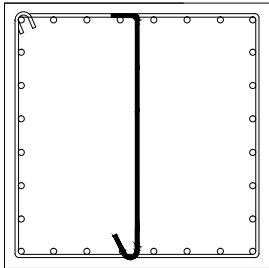
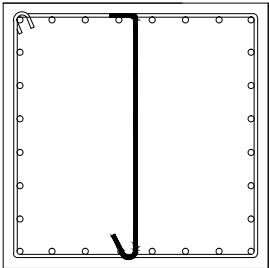
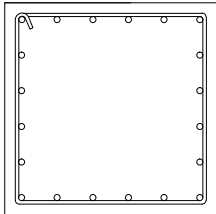
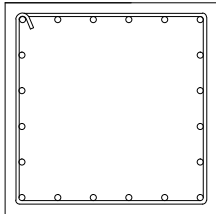
TIPE BALOK	BI.C – 1		BI.C – 2		BA.C	
LEVEL	Lt. GF		Lt. GF		Lt. GF	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
						
DIMENSI	450 x 650	450 x 650	450 x 650	450 x 650	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	8 D22	3 D22	4 D22	2 D22	7 D16	3 D16
TULANGAN SAMPING	4 D16	4 D16	4 D16	4 D16	-	-
TULANGAN BAWAH	4 D22	6 D22	2 D22	4 D22	4 D16	5 D16
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 250	D13 - 120	D13 - 250	Ø10 - 150	Ø10 - 200


TIPE BALOK	BS.C	
LEVEL	Lt. Basement	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN
		
DIMENSI	400 x 600	400 x 600
TULANGAN ATAS	4 D22	4 D22
TULANGAN SAMPING	-	-
TULANGAN BAWAH	4 D22	4 D22
SENGKANG	Ø12 - 150	Ø12 - 150

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING</i> <i>RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	TABEL PENULANGAN BALOK	1 : 25	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	<u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	35	36

TABEL PENULANGAN KOLOM

SKALA 1 : 20

TIPE	KC - 1		KC - 2	
LEVEL	Lt. Basement - Lt. GF		Lt. Basement - Lt. GF	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
DIMENSI	1000 x 1000	1000 x 1000	800 x 800	800 x 800
TULANGAN UTAMA	28 D22	28 D22	20 D22	20 D22
SENGKANG	3D13 - 100	3D13 - 125	2D13 - 100	2D13 - 125
TINGGI KOLOM	3000 mm	3000 mm	3000 mm	3000 mm

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR MAHASISWA :	DIPERIKSA	REVISI	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LEMBAR
 <small>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</small>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GOLDEN TULIP ESSENSIAL HOTEL BOJONEGORO DENGAN SISTEM <i>BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES</i>	TABEL PENULANGAN KOLOM	1 : 20	<u>RACHEL ANGELINE RAHAYU</u> NRP. 3115205002	DOSEN PEMBIMBING : <u>BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 197301281998021002 <u>Ir. ISDARMANU, MSc</u> NIP. 195709191976031001		STR	36	36

BIODATA PENULIS



Rachel Angeline Rahayu, dilahirkan di Surabaya, 03 Februari 1994, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bhakti Luhur Surabaya, SDN Kebraon 1 Surabaya, SMPN 16 Surabaya, SMAN 14 Surabaya, dan D3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2015. Selama menempuh pendidikan di D3 Teknik Sipil ITS, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan diantaranya Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Sipil-ITS. Juga aktif dalam acara dan kegiatan kampus diantaranya menjadi panitia pada acara *Bridge Construction Competition* dan *Tower Construction Competition*. Setelah lulus dari D3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2015, penulis mengikuti Tes Masuk Program S1 Lintas Jalur yang diselenggarakan ITS Surabaya dan diterima di Jurusan Teknik Sipil Lintas Jalur FTSP - ITS tahun 2015 dan terdaftar sebagai Mahasiswa dengan NRP 3115105002. Di jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS Surabaya, penulis adalah mahasiswa Program Sarjana (S1) Lintas Jalur dengan bidang studi struktur.

Email : rachelangeline14@gmail.com